



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UNICEUB
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RODRIGO ANTÔNIO PAES DE ANDRADE LOPES DE OLIVEIRA

**CONTROLE DE RECALQUE DURANTE A EXECUÇÃO DE EDIFÍCIOS NO
DISTRITO FEDERAL**

Brasília/D.F.
2013

RODRIGO ANTÔNIO PAES DE ANDRADE LOPES DE OLIVEIRA

**CONTROLE DE RECALQUE DURANTE A EXECUÇÃO DE EDIFÍCIOS NO
DISTRITO FEDERAL**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito para
obtenção de bacharel em Engenharia
Civil, do curso de Engenharia Civil da
Faculdade de Tecnologia e Ciências
Sociais – FATECS do Centro Universitário
de Brasília.

Orientadora: Neusa Maria B. Mota.

**Brasília/D.F.
2013**



RODRIGO ANTÔNIO PAES DE ANDRADE LOPES DE OLIVEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso de autoria de Rodrigo Antônio Paes de Andrade Lopes de Oliveira, intitulado Controle de recalque durante a execução de edifícios no Distrito Federal, apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel, do curso de Superior de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais – FATECS do Centro Universitário de Brasília, defendida e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada.

Data da Banca 26 / 06 / 2013

Nome: Professora Doutora Neusa Maria Bezerra Mota

Titulação: Orientadora

Instituição: UniCeub – Centro Universitário de Brasília

Assinatura:

Nome: Professor Doutor Renato Cabral Guimarães

Titulação: Examinador Externo

Instituição: UEG – Universidade Estadual de Goiás /

FURNAS – Centrais Elétricas

Assinatura:

Nome: Professor Mestre Jocinez Nogueira Lima

Titulação: Examinador Interno

Instituição: UniCeub – Centro Universitário de Brasília

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela possibilidade de chegar até este momento e por me ajudar em todos os momentos a ser quem sou hoje.

Aos meus pais Eunício Lopes de Oliveira e Mônica Paes de Andrade Lopes de Oliveira por terem contribuído com tudo na minha vida, especialmente na formação do meu caráter e na minha educação. Sou eternamente grato por serem o meu porto seguro e espero poder retribuir um pouco do que fizeram e fazem por mim.

Às minhas irmãs Manuella, Marcela e Maria Eduarda por estarem sempre me apoiando nos momentos fáceis ou difíceis, eu estando certo ou errado e também pelo amor e carinho incondicional durante todos os segundos da minha vida. Ao Cesar Mata Pires por toda disposição e boa vontade em auxiliar neste trabalho. À Isabella, minha sobrinha, por vir ao mundo e encantar todos.

Aos meus avós Antônio Paes de Andrade e Zilda Paes de Andrade pelo ensino com exemplos e por serem os chefes e guardiões da nossa família. Aos meus padrinhos Isabel Paes de Andrade e Sergio Banhos por cuidarem de mim sempre como se eu fosse um filho. A todos os meus tios e tias por ajudarem a manter essa família unida.

Ao meu irmão Gabriel Casas e à todos os primos por serem os irmãos que nunca tive. Ao Ricardo Augusto e ao Igor Lucena, primos que também considero irmãos que sempre me ajudam e protegem em todos os momentos possíveis.

Ao amigo engenheiro Maurício Lira por contribuir de forma imensurável para a minha formação.

À minha orientadora Neusa Maria Bezerra Mota pela paciência no ensino e pelo incentivo a todo momento. Agradeço também por ser uma pessoa especial que mesmo com tão pouco tempo e tantos afazeres, não deixou em nenhum momento de me guiar até aqui sempre com um sorriso no rosto.

À BMS Engenharia pelo apoio e disposição para me ajudar neste trabalho, em especial ao Henrique Leoni, Marco Antônio, Tiago Oliveira, Izabela Moreira,

Romário Oliveira. À Gabriela Bahia pelo ensino e auxílio durante todas as etapas deste trabalho.

A todos os meus amigos pelo companheirismo e por trilharem esse caminho sempre ao meu lado. À todas as pessoas não citadas aqui, mas que sabem que formam importantes para que eu tenha atingido este objetivo.

RESUMO

O controle de recalque é um método de monitoramento que visa garantir e verificar o desempenho das fundações em todas as etapas de uma edificação. Esse monitoramento ainda é pouco utilizado no Distrito Federal por falta de conhecimento e também por falta de concepção da sua importância. A norma ABNT 6122 - Projeto e Execuções de Fundações, revisada em 2010, traz a obrigatoriedade da realização do monitoramento de recalque em edificações específicas. A revisão desta norma é de extrema importância para que haja uma mudança da cultura do Distrito Federal, dando a relevância necessária a esse controle que verifica o desempenho das fundações. A maneira correta de realização do monitoramento de recalque é desde o início da obra, para que seja possível coletar os recalques em todas as fases da mesma. À medida que a obra avança os carregamentos também aumentam, portanto é necessário monitorar durante todo o decurso da obra para que se tenha o desempenho completo da edificação. É crucial que se depreenda que o controle de recalque tem que ser de natureza preventiva. Esse método é usado a fim de avaliar o desempenho das fundações, e de possibilitar um diagnóstico para uma possível intervenção o mais cedo possível visando proporcionar uma interferência mais simples e de menor custo do que quando diagnosticado posteriormente. Esse trabalho tem como objetivo analisar resultados de monitoramento de recalque realizados em cinquenta e três edificações em diversas áreas do Distrito Federal, e apresentar um mapeamento com recalques obtidos nessas várias áreas. Tem-se ainda o objetivo de informar a todos os empreendedores das áreas a real necessidade do monitoramento, desde o início da obra. Das cinquenta e três projeções estudadas neste trabalho em 5,66% do total foi necessário a execução de reforço, sendo em todos os casos a intervenção realizada antes da conclusão da obra, o que demonstra importância preventiva do monitoramento de recalque.

Palavras-chave: monitoramento de recalque, velocidade de recalque, distorção angular, interação solo-estrutura.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Recalque Diferencial.	16
Figura 2 - Distorções Angulares Limites.	17
Figura 3 - Danos causados por recalque.	20
Figura 4 - Fissuras causadas por Recalque Diferencial.	21
Figura 5 - Fissuras causadas por Recalque Diferencial.	22
Figura 6 - Consequência Deslocamento Pilar.	22
Figura 7 - Recalque Diferencial por conta de aterro carregado.	23
Figura 8 - Recalque Diferencial causado por rebaixamento do Lençol Freático.	23
Figura 9 - Recalque Diferencial no Edifício da direita por interferência no bulbo de tensões.	24
Figura 10 - Projeto Convencional de Estrutura e de Fundações.	25
Figura 11 - Redistribuição de Esforços.	27
Figura 12 - Influência da construção nos Recalques.	29
Figura 13 - Torre de Pisa.	30
Figura 14 - Prédios em Santos sofrendo Recalque Diferencial.	31
Figura 15 - Medição de Recalques utilizando o nivelamento ótico.	33
Figura 16 - Benchmark.	34
Figura 17 - Benchmark Executado.	34
Figura 18 - Nível Ótico utilizado.	35
Figura 19 - Nível Ótico com tripé.	36
Figura 20 - Mira.	37
Figura 21 - Detalhe do pino de Recalque.	38
Figura 22 - Pino Macho de Recalque.	38
Figura 23 - Modelo de Encaminhamento.	39
Figura 24 - Resumo Monitoramento de Recalque para cada Projeção.	43
Figura 25- Mapa com recalque médio em cidades do Distrito Federal.	58
Figura 26 - Mapa com velocidade de recalque média em cidades do Distrito Federal.	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Recalques Gerais máximos, mínimos e médios de todas as obras analisadas.	44
Gráfico 2 - Velocidades Gerais máxima, mínima, e média em todas as obras analisadas.	44
Gráfico 3 - Distorções Angulares Máximas.	44
Gráfico 4 - Recalques Gerais máximo, mínimo e médio em todas obras analisadas em Águas Claras.	45
Gráfico 5 - Velocidades Gerais máxima, mínima, e média em todas as obras analisadas em Águas Claras.	45
Gráfico 6 - Distorção Angular na cidade de Águas Claras.	46
Gráfico 7 - Recalque máximo, mínimo e médio de Águas Claras.	46
Gráfico 8 - Velocidade máxima, mínima, e média de Águas Claras.	47
Gráfico 9 - Recalques Gerais máximo, mínimo e médio de todas obras analisadas na cidade do Gama.	47
Gráfico 10 - Velocidades Gerais máxima, mínima e média de todas obras analisadas na cidade do Gama.	48
Gráfico 11 - Distorção Angular na cidade do Gama.	48
Gráfico 12 - Recalque máximo, mínimo e médio do Gama.	49
Gráfico 13 - Velocidade máxima, mínima e média de Gama.	49
Gráfico 14 - Recalques Gerais máximo, mínimo e médio de todas obras analisadas na cidade do Guará.	50
Gráfico 15 - Velocidades Gerais máxima, mínima e média de todas obras analisadas na cidade do Guará.	50
Gráfico 16 - Distorção Angular na cidade do Guará.	51
Gráfico 17- Recalque máximo, mínimo e médio do Guará.	51
Gráfico 18 - Velocidade máxima, mínima e média de Guará.	52
Gráfico 19 - Recalques Gerais máximo, mínimo e médio de todas obras analisadas na cidade de Brasília.	53
Gráfico 20 - Velocidades Gerais máxima, mínima e média de todas obras analisadas na cidade de Brasília.	53
Gráfico 21 - Distorção Angular na cidade de Brasília.	53
Gráfico 22 - Recalque máximo, mínimo e médio de Brasília.	54
Gráfico 23- Velocidade máxima, mínima e média na cidade de Brasília.	54
Gráfico 24 - Recalques Gerais máximo, mínimo e médio de todas obras analisadas na cidade de Taguatinga.	55
Gráfico 25 - Velocidades Gerais máxima, mínima e média de todas obras analisadas na cidade de Taguatinga.	55

Gráfico 26 - Distorção Angular na cidade de Taguatinga.....	56
Gráfico 27 - Recalque máximo, mínimo e médio de Taguatinga.....	56
Gráfico 28 - Porcentagem de Obras onde foram realizados Controle de Recalque..	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Consequências em virtude da Interação Solo-Estrutura. Gusmão (2000) apud Neto (2005).	26
Tabela 2- Dificuldades de análise da ISE. Berberian (2011).....	28
Tabela 3 - Dados Gerais de Recalque e Velocidade de Recalque.....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	13
2.1 Objetivos Específicos.....	13
3 JUSTIFICATIVA.....	14
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1 Recalque.....	15
4.2 Recalques Admissíveis	16
4.3 Consequências Recalques	20
4.4 Interação Solo-Estrutura	24
4.5 Exemplos Reais de Recalque	30
5 METODOLOGIA	32
5.1 Referência de Nível.....	33
5.2 Nível Ótico	35
5.3 Mira.....	36
5.4 Pinos de Recalque	37
5.5 Instrumentação e Encaminhamento.....	39
5.6 Alternativa de Metodologia.....	40
6 CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS ANALISADAS	41
7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
7.1 Águas Claras	45
7.2 Gama	47
7.3 Guará.....	49
7.4 Brasília	52
7.5 Taguatinga	55
7.6 Análise Geral	57
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
9 SUGESTÃO PARA PESQUISAS FUTURAS	62
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, os construtores não possuem o hábito de utilizar o controle de recalque de forma preventiva. O monitoramento de recalque é atualmente usado em último caso quando latente a necessidade de intervenção na edificação. A revisão da norma 6122/10 (ABNT), que trata do assunto, demonstra a importância e também a preocupação de especialistas em fazer com que isso mude, tornando obrigatório o monitoramento de recalque em: fundações ou estruturas não convencionais, estruturas nas quais a carga variável é significativa em relação à carga total, tais como silos e reservatórios, em edificações onde a relação altura/largura é superior a quatro, e estruturas com mais de 60 metros de altura do térreo até a laje de cobertura do último piso habitável.

Danziger (2000 apud SOARES, 2005) afirma que a prática brasileira de fundações baseia-se em efetuar o monitoramento de recalque somente em situações onde são constatadas fissuras ou trincas, ou seja quando há possíveis problemas na edificação. Realizado de maneira preventiva, o monitoramento representa um custo muito baixo em relação ao custo total de uma obra, porém os benefícios são muitos. Destacam-se a diminuição de custos em caso de intervenção, prevenção de patologias, a possibilidade de menor intervenção, e uma melhor compreensão do comportamento da edificação.

Conforme Hachich et al. (1998), um bom desempenho de fundações ocorre quando aquilo que é previsto de fato ocorre. Sendo assim, a realização da técnica citada acima beneficia além da própria edificação, profissionais envolvidos possibilitando verificar o desempenho de uma fundação, agregando também experiência que possa servir futuramente aos mesmos.

A principal finalidade da verificação do desempenho de uma fundação é principalmente para que especialistas possam analisar o comportamento da edificação como um todo, e se preciso for tomar medidas necessárias preventivas. A técnica de controle de recalque também permite atingir um dimensionamento mais exato para obras futuras.

NBR 6122 (ABNT apud ALONSO, 2011), coloca que o acompanhamento e instrumentação de fundações tem como objetivo acompanhar o funcionamento da

fundação, tanto durante como também após a execução da obra, assim como esclarecer anormalidades em obras já concluídas, ganhar experiência local quanto ao comportamento do solo sob determinada fundação e carregamento, e permitir a comparação de valores previstos com medidos, para que se possa aperfeiçoar cada vez mais os métodos de previsão de recalque.

Nas palavras de Hachich et al. (1998):

A verificação de um desempenho de uma fundação é parte de um problema mais geral que é o de verificar o comportamento do conjunto formado pelos elementos estruturais da superestrutura e da fundação e pelo maço do solo [...].

O controle de recalque é a forma mais apurada de avaliar o desempenho da fundação, no entanto é segundo Velloso e Lopes (1997) uma das previsões mais difíceis. Essa dificuldade decorre da complexidade da interação solo-estrutura, pois a mesma resulta em uma redistribuição dos esforços.

A compreensão da interação solo-estrutura é essencial para a verificação de desempenho da edificação. Segundo Reis (2000), o comportamento resultante dessa interação sempre foi alvo de preocupação da engenharia. Apesar de sua relevância, a compreensão desta interação é cercada de obstáculos, tais quais a sequência construtiva, o número de pavimentos, a transferência de esforços ao solo e a heterogeneidade do solo, como ensina Mota (2009).

Muitas vezes essa interação solo-estrutura é desprezada pelos projetistas ocasionando em um comportamento real da estrutura que difere do comportamento previsto. Ainda hoje, existem poucos programas que utilizam essa interação, apesar de pesquisadores já compreenderem a necessidade da utilização, devido a complexidade da mesma. Essa desigualdade pode fazer com que o recalque tenha estimativa errônea para mais ou para menos.

Dentro do contexto de acompanhamento do desempenho de fundações, através do monitoramento de recalque, e como parte do desenvolvimento desta monografia, foi publicado um artigo no Geocentro 2013, sobre resultados também apresentados neste trabalho, a saber: Bahia, et al. (2013).

2 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é apresentar uma visão geral do monitoramento de recalque para análise de desempenho de diversas edificações construídas, no período 2010 a 2013, no Distrito Federal.

Ademais, este trabalho visa à conscientização da importância acerca da realização preventiva do monitoramento de recalque, com o intuito de auxiliar especialistas da área e de que esse trabalho sirva como uma referência futura para essas edificações analisadas.

2.1 Objetivos Específicos

- Apresentar equipamentos utilizados na realização do controle de recalque;
- Obter parâmetros de referência, tais como recalque acumulado, velocidade recalque, distorção angular, por regiões específicas do Distrito Federal;
- Alcançar uma visão espacial das regiões com maior índice de projeções monitoradas;
- Demonstrar a importância do recalque na construção civil.

3 JUSTIFICATIVA

Na prática da engenharia civil brasileira ainda não há um hábito de se realizar o monitoramento de recalque de forma preventiva, mas sim quando se tem identificadas patologias. Este trabalho tem o intuito de atentar para a relevância de mudar este hábito.

Os efeitos da interação solo-estrutura têm sido um foco muito grande por parte de pesquisadores recentes, e isso demonstra a sua importância. O presente trabalho se justifica em decorrer da significativa utilidade que a matéria tratada tem no meio da engenharia, além da interferência no dia a dia das pessoas. É essencial que o controle de recalque compreenda todas as fases da obra para que assim se possa ter um avanço e um conhecimento dos efeitos dessa interação cada vez maior.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Recalque

Em qualquer edificação ocorre recalque ou levantamento, uma vez que a suas cargas deformam o solo. O monitoramento de recalque é importante para que cada vez mais especialistas consigam aproximar previsões ao comportamento real das estruturas.

Berberian (2011) afirma que em toda fundação ocorre recalque; as fundações suportam um certo limite de recalque com danos, porém a maioria destes recalques são absorvidos sem que haja qualquer percepção visual, quando pilares e vigas são construídos no prumo e no nível.

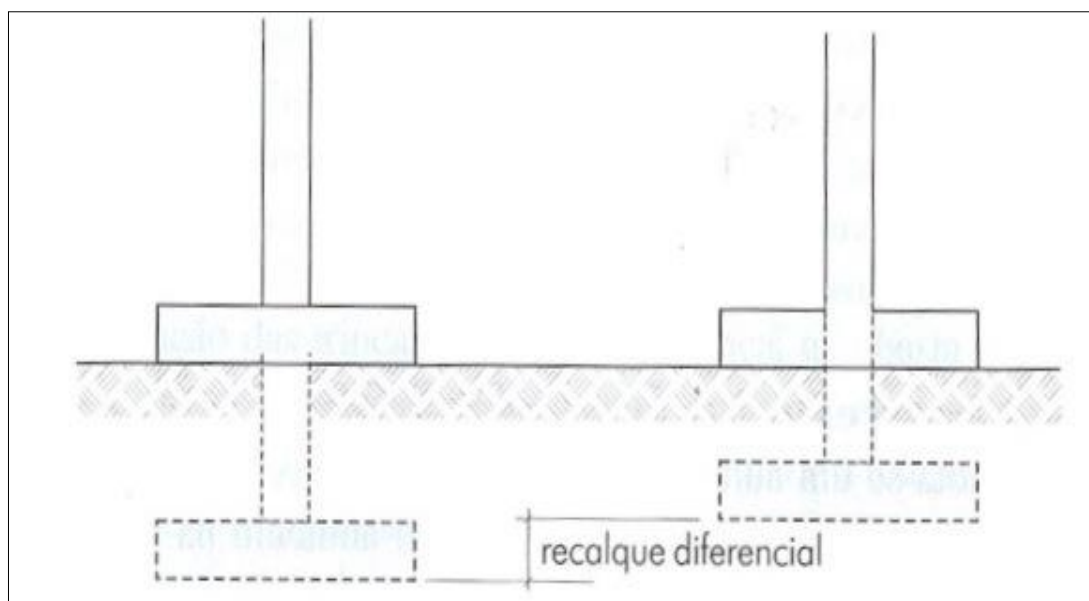
Recalque é o movimento vertical descendente de uma fundação, o levantamento por sua vez é o movimento vertical ascendente de uma fundação (ABNT, 2010). A norma ABNT 6122/10 convencionou representar o recalque utilizando o sinal positivo. Segundo Rebello (2011) recalque é a deformação que ocorre no solo quando submetido a cargas.

Existem alguns tipos de recalques que são extremamente importantes para uma análise do desempenho das fundações, entre eles o recalque absoluto, o recalque diferencial e também o recalque diferencial específico, que serão abordados neste capítulo.

O recalque absoluto é o deslocamento vertical descendente de um elemento de fundação, já o recalque diferencial é a diferença do deslocamento vertical entre dois quaisquer elementos da fundação. O recalque diferencial específico, ou distorção angular, é o recalque diferencial dividido pela distância entre dois elementos de fundação. (ALONSO, 1991).

A figura 1 a seguir ilustra dois elementos de fundações que tiveram recalques de magnitudes diferentes, resultando no recalque diferencial.

Figura 1 - Recalque Diferencial.



Fonte: Rebello (2011).

4.2 Recalques Admissíveis

Com base em estudo de caso, alguns especialistas determinaram recalques aceitáveis, ou seja de magnitude da qual a edificação suporta, denominados de recalques admissíveis. Alonso (1991) afirma que esses limites são fixados para garantir que a estrutura cumpra suas finalidades. A medida é definida para estabelecer o momento em que se passa a considerar problemático o desempenho ou a segurança da edificação. O estabelecimento desses parâmetros servem como indicativo, como base para se ter uma noção do que está ocorrendo com a edificação. É importante ressaltar que esses números limites estipulados são apenas estimativas, portanto não são tão precisos uma vez que o comportamento da edificação depende de vários fatores.

Sendo assim, Milititsky et al (2008) afirma:

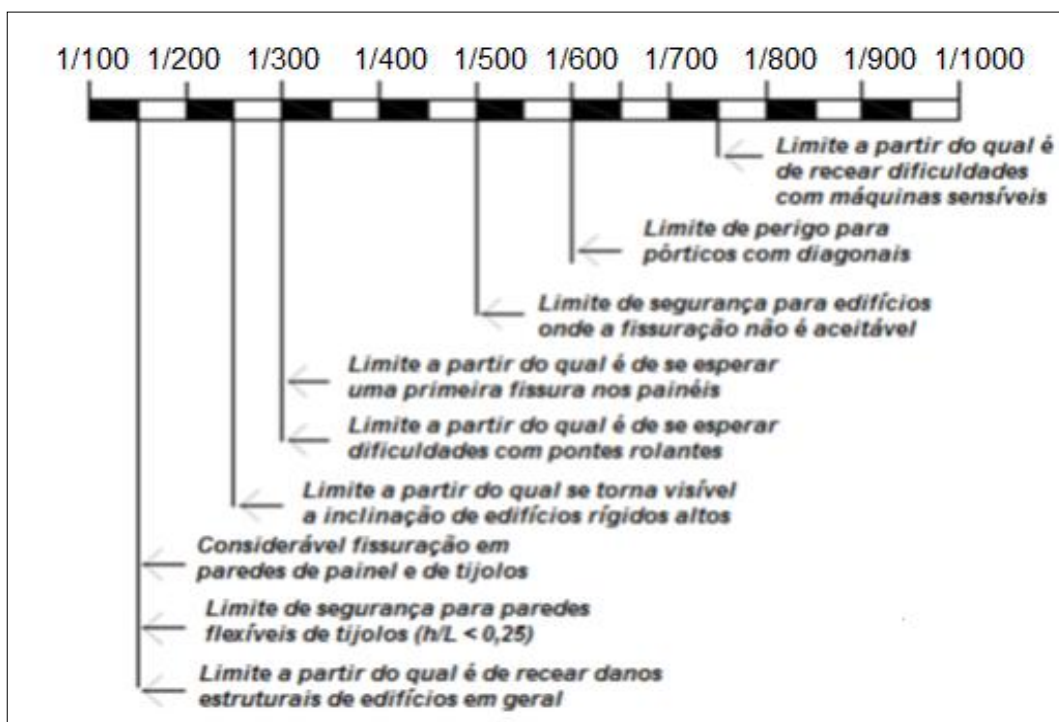
O estabelecimento de recalques admissíveis tem valor para indicar, aos envolvidos com o problema, níveis adequados ou ordens de grandeza de valores nos quais os problemas usualmente ocorrem. Tais valores não devem ser utilizados de forma rigorosa ou adotados como limites únicos, até porque a previsão de recalques de uma estrutura apoiada no solo não é um exercício com resultados precisos [...].

Os recalques admissíveis são utilizados principalmente em dois momentos, primeiro na etapa de projeto e em seguida durante a construção da edificação. Na primeiro momento, é aplicado para que a estimativa do recalque admissível se encaixe dentro do comportamento designado da edificação. Na segundo, ocorre, quando se faz o controle de recalque de uma estrutura para que se verifique que o desempenho da construção foi atingido. Em ambas as situações colocadas acima a fundação e qualquer outra parte da edificação deve garantir segurança, funcionabilidade, e durabilidade de acordo com o que determina (ALONSO, 2011).

O recalque total acumulado, a distorção angular e a velocidade do recalque são os dados mais importantes a serem analisados. Quando o recalque total é limitado, acaba de certa forma limitando as distorções angulares. Foram publicados diversos trabalhos propondo limites para a distorção angular, mas destaca-se o de Bjerrum (1963), que parte do estudo de caso realizado por Skempton e Mac Donald (1956), que realizaram pesquisa por meio de estudo de caso, vinculando danos na estruturas com distorções angulares (ALONSO,1991).

A Figura 2, abaixo ilustra esse trabalho realizado pelos autores supracitados, utilizados como parâmetros até os dias de hoje.

Figura 2 - Distorções Angulares Limites.



Fonte: Alonso (2011).

Dentre as distorções angulares limites expostas na Figura 2, as principais para o monitoramento de recalque são:

- $\beta = 1/500$; Limite seguro para impedir danos em paredes;
- $\beta = 1/300$; Limite a partir do qual espera-se uma primeira fissura em paredes;
- $\beta = 1/150$; Limite a partir do qual espera-se danos estruturais.

A velocidade em que o recalque ocorre também é de extrema importância segundo Alonso (1991). O autor citado divulgou parâmetros em 1991, que no entanto já foram em parte modificados, os limites de velocidade de recalque utilizados na prática hoje em dia são expressos em micras por dia ($\mu\text{m}/\text{dia}$), que representa milésimos de milímetros por dia.

De acordo com Milititsky, et al (2008), os números utilizados são:

- Prédios com mais de cinco anos: até $10 \mu\text{m}/\text{dia}$;
- Prédios entre um e cinco anos: entre 10 e $20 \mu\text{m}/\text{dia}$.

Milititsky, et al. (2008) também indica o mesmo limite para prédios ainda em fase construtiva, expressados abaixo:

- Fundação Direta: até $200 \mu\text{m}/\text{dia}$;
- Fundação Profunda: até $80 \mu\text{m}/\text{dia}$.

Os limites abordados no presente trabalho são os que consideram uma edificação em uma condição estabelecida como normal, já que a mesma pode sofrer influências externas como o rebaixamento do lençol freático e escavação em área próximas. Esses fatores podem contribuir para que esses limites sejam maiores.

Nas palavras de Berberian (2011):

É também de praxe, recomendar reforços quando a velocidade de recalque atinge aproximadamente $60 \mu\text{m}/\text{dia}$. A experiência tem mostrado

que quando a velocidade de recalques atinge esse valor, os danos causados até a reversão do processo, poderão ser inadmissíveis, colocando em risco a estabilidade da edificação.

Berberian (2011) também destaca que somente o número da velocidade de recalque analisado separadamente não resulta em um índice preciso. Deve-se considerar a orientação da velocidade encontrada, ou seja se tende a aumentar ou diminuir em conjunto com a magnitude do número. Reis (2000 apud SOARES, 2005) afirma que a maneira como os recalques evoluem e se estabilizam indica a gravidade e relevância dos danos causados pelos recalques. Dessa forma, fica mais uma vez evidente a necessidade do monitoramento de recalque ser realizado durante todas as etapas de uma edificação.

Ademais, Burland (1977, apud BERBERIAN, 2011) indica valores de recalques totais limites para fundação profunda de uma edificação de concreto ou de aço. Esses valores, reproduzidos abaixo, cuidam do limite de recalque total acumulado seguro de um elemento de fundação durante toda sua existência. Vejamos:

- Assentada em Areia $\delta_{m\acute{a}x} = 25\text{mm}$;
- Assentada em Argila $\delta_{m\acute{a}x} = 40\text{mm}$.

Uma edificação dependendo da velocidade de recalque, é capaz de redistribuir os esforços, permitindo o suporte de recalques diferenciais maiores do que inicialmente previstos. Os valores admissíveis citados acima neste capítulo dependem também do material utilizado na construção, assim como da finalidade da edificação. Por exemplo, se na edificação forem utilizadas máquinas sensíveis os limites toleráveis serão mais rigorosos. Soares (2005) afirma que os deslocamentos admissíveis máximos devem ser definidos pelos projetistas envolvidos.

Existem fatores externos à própria edificação que também causam recalques como por exemplo, rebaixamento do lençol freático, escavações em áreas próximas e vibrações. Colares (2006) afirma que os valores admissíveis devem ser utilizados com cautela, pois dependem de vários fatores dentre os quais o tipo de elemento estrutural de fundação, tipo e características do solo, propriedades dos materiais empregados, além da função e rigidez da superestrutura. Portanto, cumpre ressaltar que os limites

estabelecidos pelos autores citados servem como base, mas a definição do recalque admissível pode variar em cada obra e deve ser determinado pelos projetistas envolvidos.

4.3 Consequências Recalques

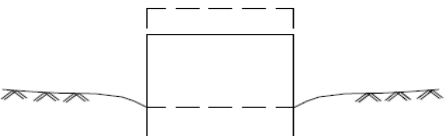
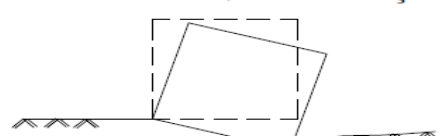
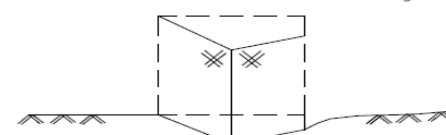
Os vários apoios de uma fundação de uma edificação sofrem constantemente diferentes magnitudes de recalques ao mesmo tempo. O somatório desses recalques afeta a edificação como um todo.

Os problemas causados à uma edificação a partir da ocorrência do recalque podem ser classificados como estéticos, funcionais ou estruturais.

Os danos estéticos são aqueles que abalam somente a aparência visual da obra, já os danos funcionais prejudicam o uso da edificação, causando por exemplo, problemas com elevadores. A seu turno os danos estruturais danificam os elementos estruturais e podem causar a ruína da edificação.

A seguir, pode-se ver como diferentes tipos de recalque causam danos na edificação de formas distintas. Algumas possíveis movimentações de uma edificação são mostradas na figura 3 abaixo. Veja:

Figura 3 - Danos causados por recalque.

Tipo de recalque	Danos associados
<p>Uniforme</p> 	<p>Danos arquitetônicos (estéticos e funcionais), dependendo da grandeza dos recalques. Danos às ligações com o exterior (instalações, rampa, escada).</p>
<p>Não uniforme; sem distorção</p> 	<p>Danos arquitetônicos: desaprumo em prédios altos, etc.</p>
<p>Não uniforme; com distorção</p> 	<p>Danos arquitetônicos: fissuração, distorção de vãos, etc. Danos estruturais: fissuras em vigas, etc.</p>

Fonte: Berberian (2011).

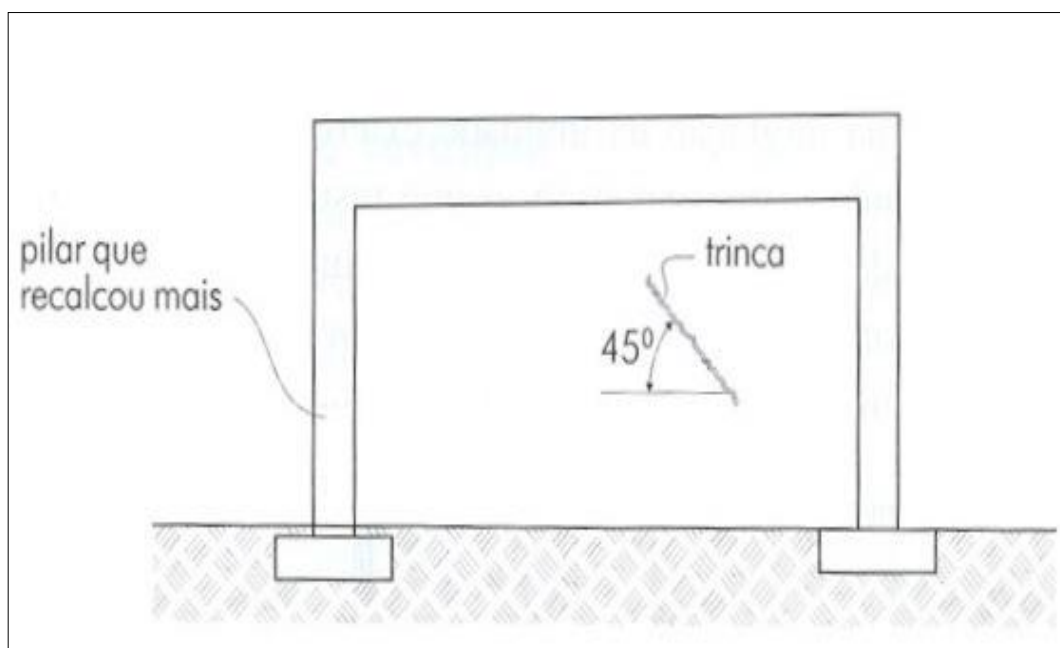
Na primeira hipótese da figura 3 ocorre recalque uniforme, este tipo de recalque respeitando determinados limites não causa danos estruturais a edificação, mas sim danos estéticos e funcionais. De acordo com Soares (2005) este recalque citado não ocorre na prática observando-se o desenvolvimento de recalques diferenciais seja por excentricidade de cargas ou heterogeneidade do solo.

Nas palavras de Rebello (2011), “Se o recalque for uniforme em todos os pontos de apoios das fundações, o efeito será apenas um afundamento do nível térreo, provocando problemas de uso, mas não estruturais.”

Quando ocorre a primeira hipótese da figura 3 acima, configura-se dano principalmente as ligações com o exterior, como por exemplo instalações e rampas.

No caso da ocorrência do segundo cenário da figura 3, quando não acontece recalque uniforme, mas sim recalque diferencial, a estrutura sofre pequenos danos e desaprumos. Nesta hipótese ocorrem problemas funcionais como fechamento de portas. O caso mais sério ocorre quando há recalque não uniforme somado à distorção angular, causando fissuras em vigas, lajes e pilares, podendo provocar o colapso da edificação.

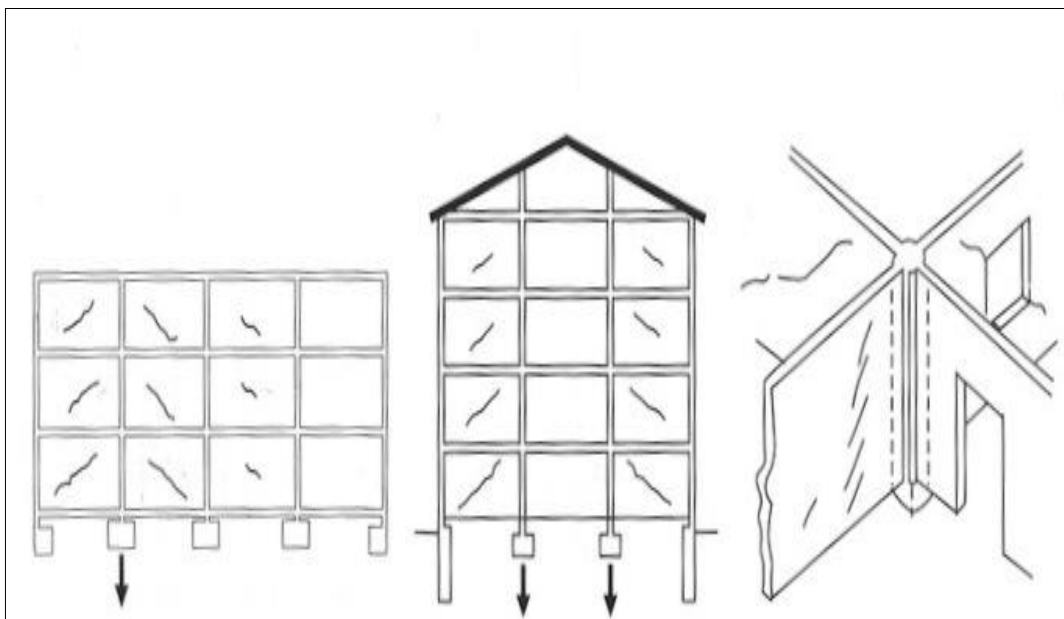
Figura 4 - Fissuras causadas por Recalque Diferencial.



Fonte: Rebello (2011).

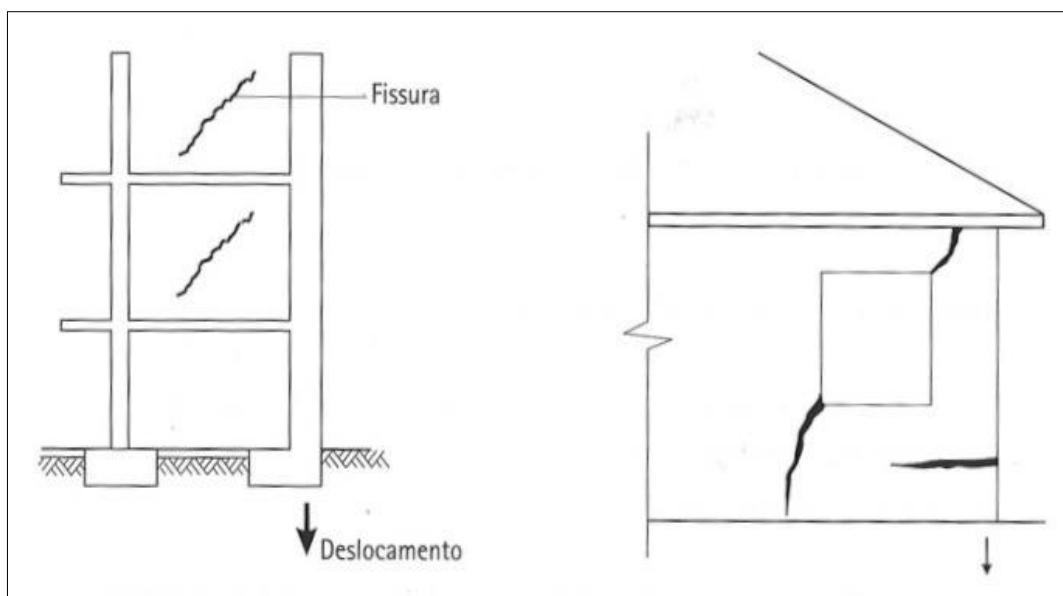
A Figura 4 mostra a primeira evidência do recalque diferencial que pode ser vista nas paredes onde acontece uma fissura inclinada em um ângulo aproximadamente de 45° . A parte mais alta dessa fissura indica o local que sofreu maior recalque, no caso o pilar da esquerda. As Figuras 5 e 6 a seguir representa demonstrações onde o recalque diferencial também causou fissuras na edificação.

Figura 5 - Fissuras causadas por Recalque Diferencial.



Fonte: Milititsky et al (2008).

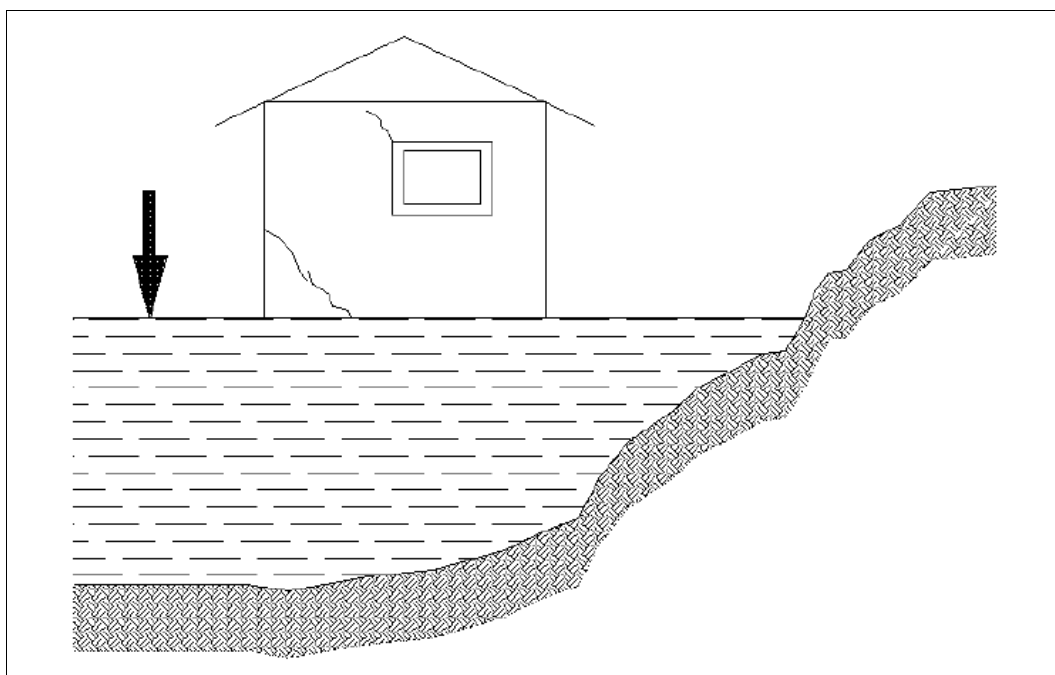
Figura 6 - Consequência Deslocamento Pilar.



Fonte: Milititsky et al (2008).

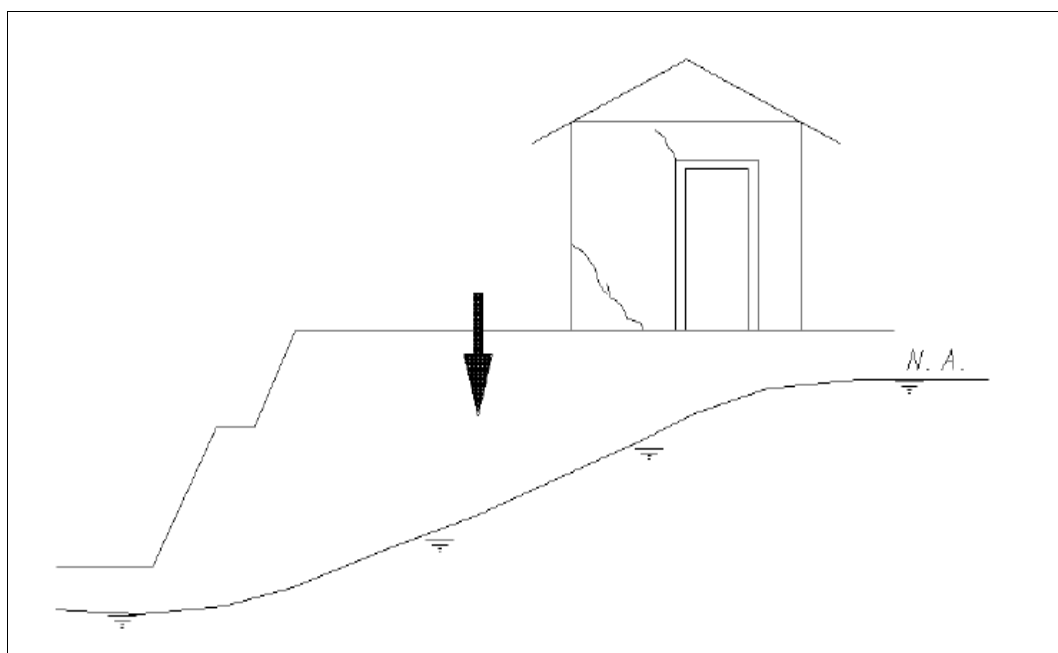
Thomaz (1989), relata que as fissuras causadas por recalque diferencial costumam ser inclinadas. Abaixo nas figuras 7, 8, e 9 pode-se visualizar suas diferentes causas.

Figura 7 - Recalque Diferencial por conta de aterro carregado.



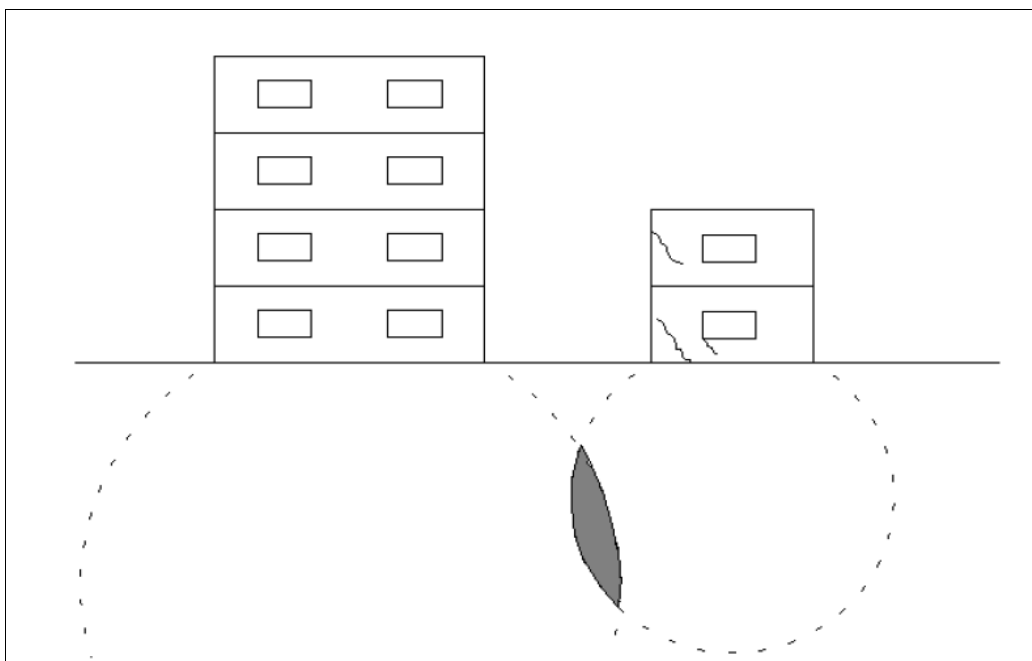
Fonte: Thomaz (1989).

Figura 8 - Recalque Diferencial causado por rebaixamento do Lençol Freático.



Fonte: Thomaz (1989).

Figura 9 - Recalque Diferencial no Edifício da direita por interferência no bulbo de tensões.



Fonte: Thomaz (1989).

Vale destacar, que para Gonçalves (2007), o aparecimento de fissuras não se deve somente ao desempenho das fundações, existindo outras causas conhecidas como a dilatação térmica e o desaprumo das edificações.

4.4 Interação Solo-Estrutura

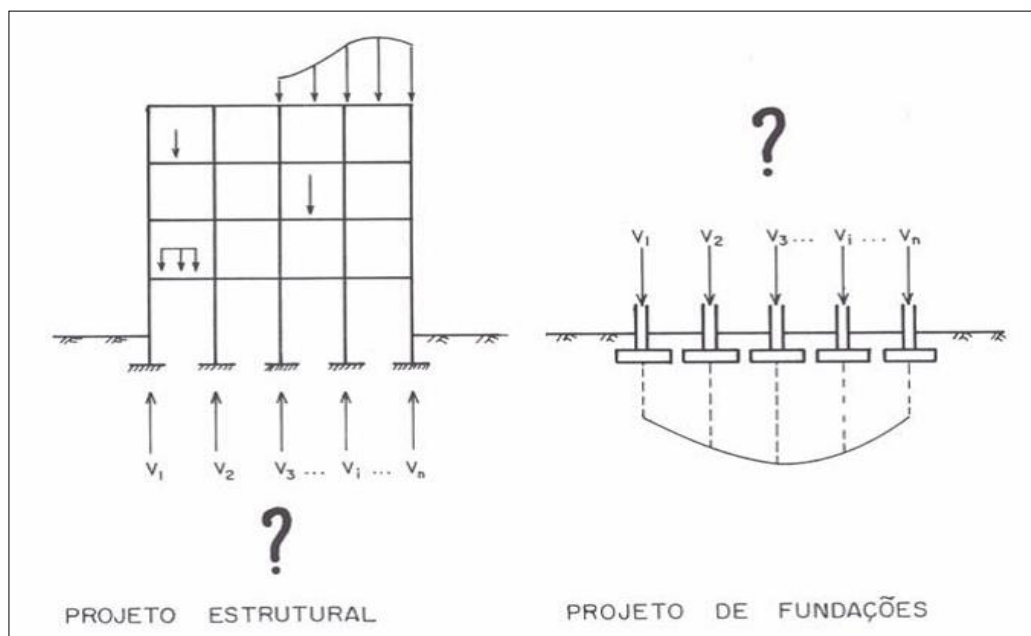
Uma edificação é constituída por três partes: a infraestrutura, o solo, e a superestrutura. A interação entre essas três partes é essencial para que se possa entender a movimentação e o comportamento de uma construção. A infraestrutura, ou fundação, é responsável por transmitir esforços da superestrutura para o solo. O solo, a parte inferior do terreno, possui características singulares para cada localização. A superestrutura é a parte composta por vigas, lajes e pilares. A relação entre essas três partes é denominada de interação solo-estrutura (ISE).

Atualmente é comum que em um projeto estrutural convencional o calculista assuma que os apoios são indeslocáveis. Partindo desse princípio não haveria recalque. O projetista de fundações, por sua vez, considera apenas a carga nos apoios fornecidos pelo projeto estrutural sem levar em conta a rigidez da estrutura e também que o carregamento é gradativo.

De acordo com Gusmão (2006) e Oliveira Jr. (2010), à partir de 1950 já havia pesquisadores empenhados em estudar os efeitos da interação solo-estrutura, mas ainda hoje existem poucas estruturas projetadas utilizando essa interação. A maioria dos projetos ainda é desenvolvido sem contemplar essa interação.

Na figura 10, a seguir, pode-se visualizar o dimensionamento dos elementos da estrutura e da fundação efetuados de forma independente.

Figura 10 - Projeto Convencional de Estrutura e de Fundações.



Fonte: Gusmão (1990, apud GONÇALVES, 2004).

Meyerhof (1953 apud MOTA, 2009) dispõe que a superestrutura, a infraestrutura e o solo poderiam ser considerados uma estrutura integrada. A ISE é, na verdade, uma forma de compreender-se o comportamento de uma edificação, considerando que as três partes citadas acima trabalham em conjunto e que o comportamento de cada uma interfere no desempenho geral da edificação. Sendo assim, com essa compatibilidade existe uma recomposição do comportamento de cada parte dos modelos mais tradicionais. Com essa interação é possível projetar um comportamento real da estrutura. Na tabela 1 a seguir são exibidas consequências em virtude de hipóteses da interação solo-estrutura.

Tabela 1- Consequências em virtude da Interação Solo-Estrutura.

Hipótese	Consequências
-Apoios são considerados indeslocáveis.	<ul style="list-style-type: none"> -Redistribuição de cargas e esforços nos elementos estruturais, especialmente vigas e pilares; -Alívio de carga nos pilares mais carregados e sobrecarga nos pilares menos carregados; -Pode haver danos nos elementos estruturais.
-Apoios podem recalcar de maneira independente uns dos outros.	<ul style="list-style-type: none"> -A ligação entre os elementos estruturais confere à estrutura uma rigidez, que restringe os recalques diferenciais; -A deformada de recalques medida é mais suave que a estimada convencionalmente; -Há uma tendência de uniformização dos recalques.
-O carregamento do prédio só ocorre ao final da sua construção.	<ul style="list-style-type: none"> -À medida que a estrutura vai sendo construída, vai havendo um aumento do seu carregamento, e dos recalques absolutos; -Há, no entanto, um aumento da rigidez da estrutura, que faz com que haja uma tendência de uniformização dos recalques; -Há uma altura limite, correspondente aos cinco primeiros pavimentos, em que praticamente não há mais aumento da rigidez para fins de uniformização dos recalques.

Fonte: Gusmão (2000, apud NETO, 2005).

Esses três componentes da estrutura em conjunto provocam uma redistribuição favorável dos recalques.

Neste sentido com Berberian (2011):

Graças ao fenômeno da Interação Solo.Estrutura – ISE, há uma tendência de uniformização dos recalques, diminuindo e suavizando a curvatura da linha de recalques reduzindo favoravelmente a distorção angular imposta à estrutura.

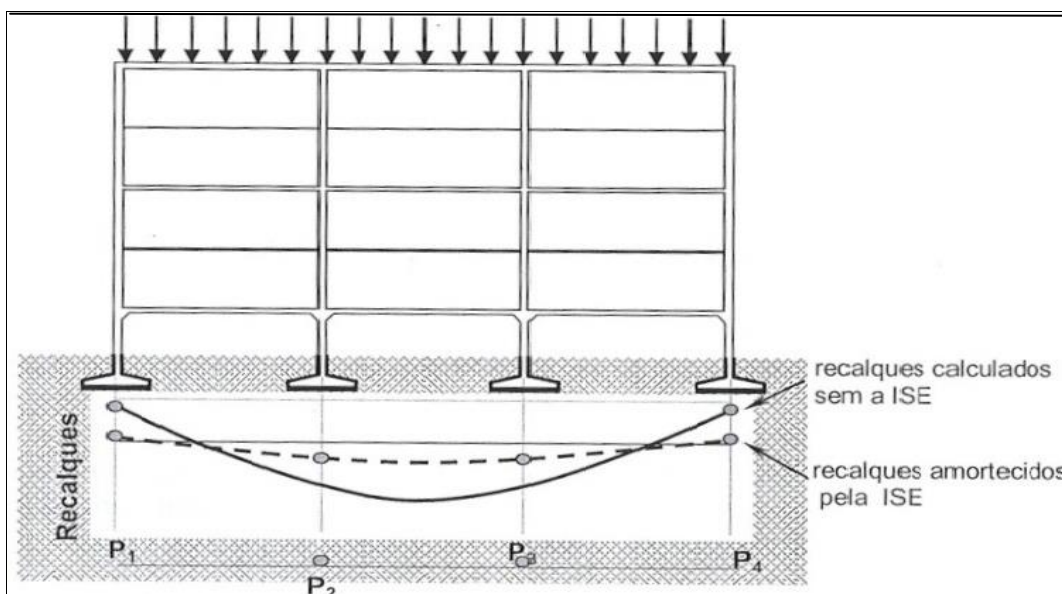
Segundo Moura (2006) o procedimento considerando a ISE, que é o que acontece em uma construção, origina uma redistribuição de esforços, na qual ocorre uma transferência desses esforços dos pilares mais carregados para os menos, o que conseqüentemente gera uma sobrecarga nos menos carregados. Gusmão (1998 apud SOARES, 2005) concorda com Moura (2006) no sentido de que a ISE faz com que a deformada de recalque medida seja mais suave que a estimada convencionalmente. Mota (2009) afirma que a ligação entre os elementos estruturais origina em uma

considerável rigidez, limitando o movimento dos apoios, fazendo com que os recalques diferenciais sejam menores do que os estimados tradicionalmente. A análise convencional não considera essa redistribuição, o que pode acarretar no esmagamento dos pilares menos carregados, já que acaba existindo uma sobrecarga não prevista.

Meyerhof (1958 apud GUSMÃO, 1998) diz que a distribuição dos recalques é comandada pela ISE, diminuindo o recalque diferencial com o aumento da rigidez relativa. Iwamoto (2000) afirma em seu trabalho que duas super-estruturas iguais, construídas em locais diferentes, apresentam reações de apoio distintas, devido ao recalque. Confirma assim, a importância dessa interação de que sejam analisados conjuntamente todos os componentes de uma construção.

A interação solo-estrutura pode tornar projetos considerados inviáveis em viáveis. Este mecanismo torna possível uma análise mais real do comportamento de uma construção, possibilitando diagnosticar com mais precisão a viabilidade da mesma. Chamecki (1958 apud GONÇALVES, 2004) afirma que a consideração do efeito de uniformização dos recalques diferenciais leva à projetos mais econômicos e otimizados. A Figura 11 abaixo ilustra um comparativo da deformada de recalques calculada com e sem a interação solo-estrutura.

Figura 11 - Redistribuição de Esforços.



Fonte: Berberian (2011).

Um modelo que considera essa interação é muito mais realista do que o tradicional, mas, ao mesmo tempo muito mais complexo, uma vez que necessita de informações precisas do comportamento do solo, segundo Rebello (2011).

É um consenso entre os vários autores aqui citados a dificuldade de analisar a construção como um todo, devido a algumas complicações conforme tabela 2 abaixo.

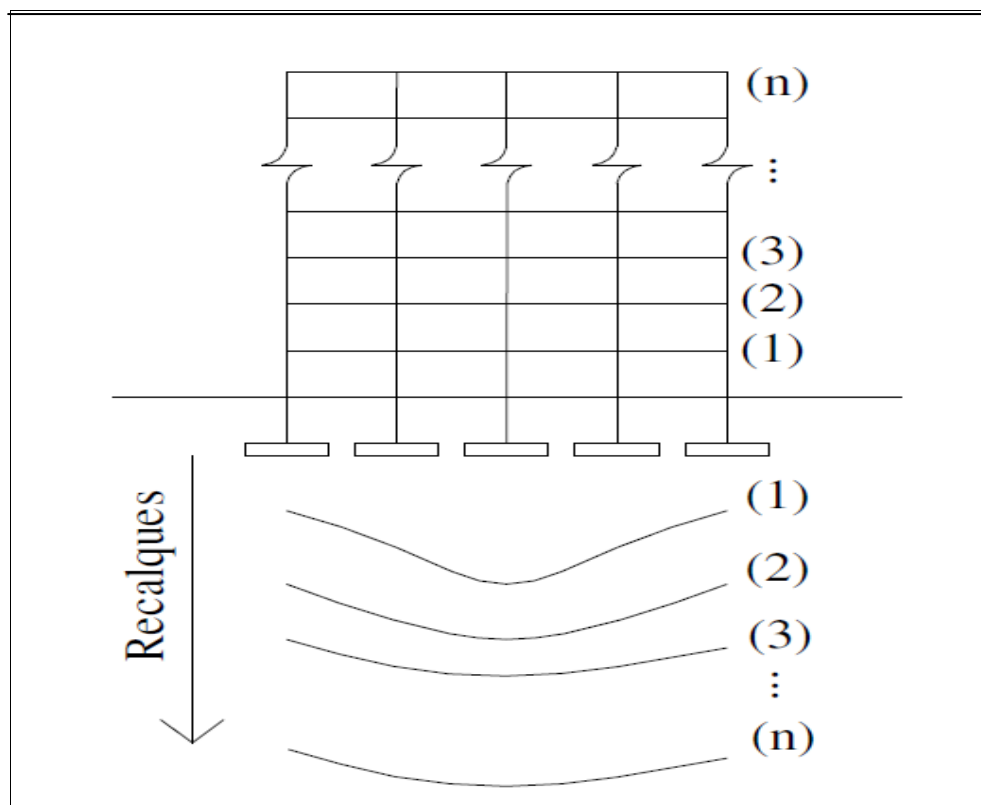
Tabela 2- Dificuldades de análise da ISE.

Variáveis do Sistema	Dificuldades de Modelagem
1 – Super-Estrutura	Sequência de construção
	Propriedades geológicas dos materiais
	Carregamento externo
2- Infra-Estrutura	Transparência de carga ao terreno
	Aspectos de execução
3 – Terreno de Fundação	Heterogeneidade vertical e horizontal
	Representatividade da prospecção e ensaios
	Influência do tempo nos parâmetros geotécnicos

Fonte: Berberian (2011).

Cumprir notar que o número de pavimentos de uma edificação tem grande influência na rigidez da estrutura. O aumento dos pavimentos faz com que a mesma seja mais rígida, o que consequentemente diminui o recalque diferencial. É importante evidenciar que os primeiros pavimentos influenciam os recalques mais do que os últimos, como pode ser visto na figura 12 a seguir. De acordo com Gusmão e Gusmão Filho (1994 apud GONÇALVES, 2004) após o aumento do número de pavimentos tende-se a um valor de rigidez limite, fazendo com que o recalque após esse limite fique dependente apenas do carregamento. Geralmente, essa altura limite equivale aos cinco primeiros pavimentos, após essa altura não há aumento da rigidez que altere a uniformização dos recalques.

Figura 12 - Influência da construção nos Recalques.



Fonte: Gusmão e Gusmão Filho (2006 apud COLARES, 2000).

Neto (2005), expõe em seu trabalho:

Segundo Goshy (1978), a rigidez da superestrutura aumenta com o processo de construção e carregamento. Conclui-se que há uma diminuição da taxa de crescimento da distorção angular à medida que novos pavimentos são acrescentados após um determinado número de pavimentos.

Reis (2000) afirma que o aumento da rigidez da estrutura acelera a redistribuição dos esforços, e também que quanto maior for a rigidez, mais rápido os recalques se estabilizam. Gusmão (1990 apud GONÇALVES, 2004) afirma que a maior parte dos estudos sobre interação solo-estrutura presume o cenário de não existir carregamento durante a construção da edificação. Fonte et al (1994 apud COLARES, 2006) concluí que o mecanismo de interação solo-estrutura que aplica o carregamento de uma forma gradual é o modelo mais realista. Portanto, tendo em vista o que foi exposto anteriormente, resta evidente a dificuldade da análise da sequência da construção.

A consideração da interação solo-estrutura tem sido um objetivo comum da engenharia civil. Existe uma grande apreensão para que se consiga considerar seus

efeitos por meio de modelos computacionais, com o intuito de melhorar o desempenho da estrutura.

4.5 Exemplos Reais de Recalque

A Torre de Pisa é talvez o mais famoso exemplo de recalque. Localizada na cidade de Pisa, Itália, a sua construção teve início em 1174. Tinha o objetivo de abrigar os sinos da catedral de Pisa. Esta torre sofreu desde o início de sua construção problemas com recalques maiores de um lado do que do outro. (OLIVEIRA JR., 2010). Segundo Gusmão (2006), a inclinação da torre já chegou à aproximadamente 6°. Na figura 13 a seguir, pode-se visualizar a inclinação da mesma.

Figura 13 - Torre de Pisa.



Fonte: GETTY IMAGES (2013).

Outro exemplo da ocorrência de recalques são os prédios localizados na orla de Santos, no estado de São Paulo. O solo de Santos é composto principalmente por uma camada de areia, e logo abaixo uma camada significativa de argila marinha cuja consistência é fraca. Os prédios na orla de Santos, foram em sua maioria construídos apoiados na camada de areia, buscando baixar o custo e o tempo de obra. Esta decisão acabou provocando um assentamento da edificação, e consequentemente a

ocorrência de recalques diferenciais. Vale ressaltar que alguns prédios em Santos chegaram a ter uma inclinação de 2°.

A figura 14 a seguir ilustra uma vista geral dos prédios de Santos, onde pode-se perceber inclinação de alguns prédios.

Figura 14 - Prédios em Santos sofrendo Recalque Diferencial.



Fonte: Pitta (2009).

5 METODOLOGIA

O procedimento aplicado na técnica de monitoramento de recalque consiste em um nível ótico de precisão, uma referência de nível profunda, uma régua graduada, e pinos de recalques.

Esse método utiliza a desigualdade de níveis entre dois pontos sendo um fixo e o outro o desejado. Os pinos de recalque são colocados em todos os pilares onde se pretende obter o recalque absoluto. A régua é colocada em cima do pino para que o nível ótico possa medir e assim comparar com o nível de referência com o nível no mesmo local. Quando isso não for possível, deve-se medir sempre um pilar para frente e um para trás, para que nunca se perca o nível de referência.

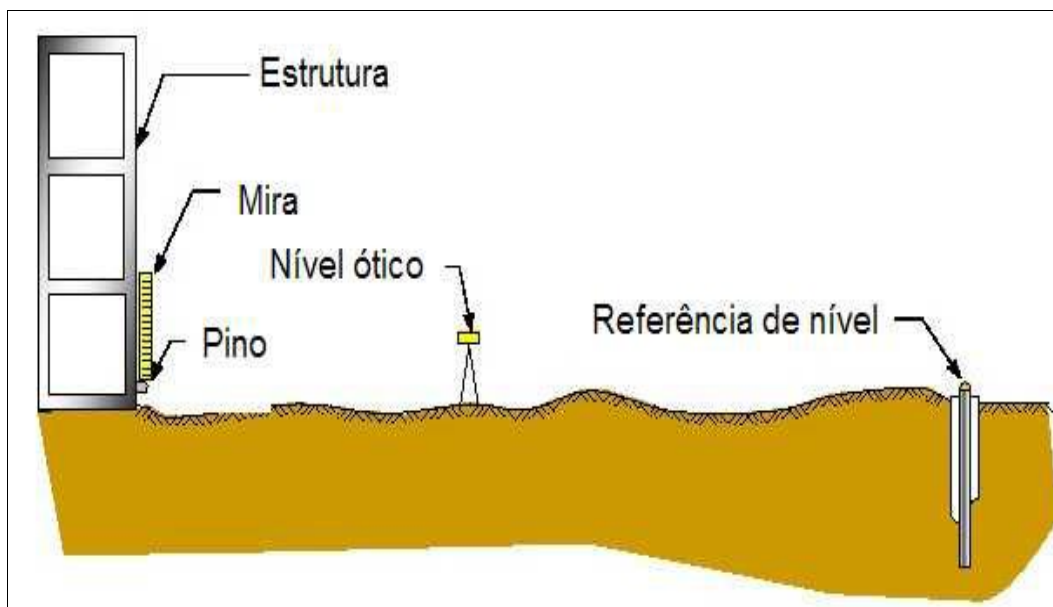
Deve-se realizar o máximo de medidas sucessivas ao longo do tempo para que se possa dispor do maior número de leituras possíveis. A primeira medida feita é na verdade um nivelamento, o qual consiste em verificar a diferença de nível dos pontos analisados para a referência fixa, também chamada de *benchmark*.

Somente a partir da segunda medida, que chama-se de primeira leitura, é que é possível obter recalques parciais, totais, e diferenciais além de sua velocidade. O recalque parcial é a diferença do recalque absoluto obtido entre duas medições consecutivas, enquanto o total é a diferença entre o nivelamento e a última medição. Como tem-se uma referência fixa é possível conhecer quanto o ponto de observação recalcou.

A velocidade de recalque é obtida pela divisão do recalque absoluto total pelo número de dias percorridos, e multiplicado por mil para que seja em $\mu\text{m}/\text{dia}$. O número de dias é contabilizado do nivelamento até a data da medição.

Sabendo-se a distância entre os pontos é possível calcular o recalque distorcional específico ou distorção angular. A Figura 15 a seguir ilustra um exemplo de leitura do monitoramento de recalque.

Figura 15 - Medição de Recalques utilizando o nivelamento ótico.



Fonte: Neto (2005).

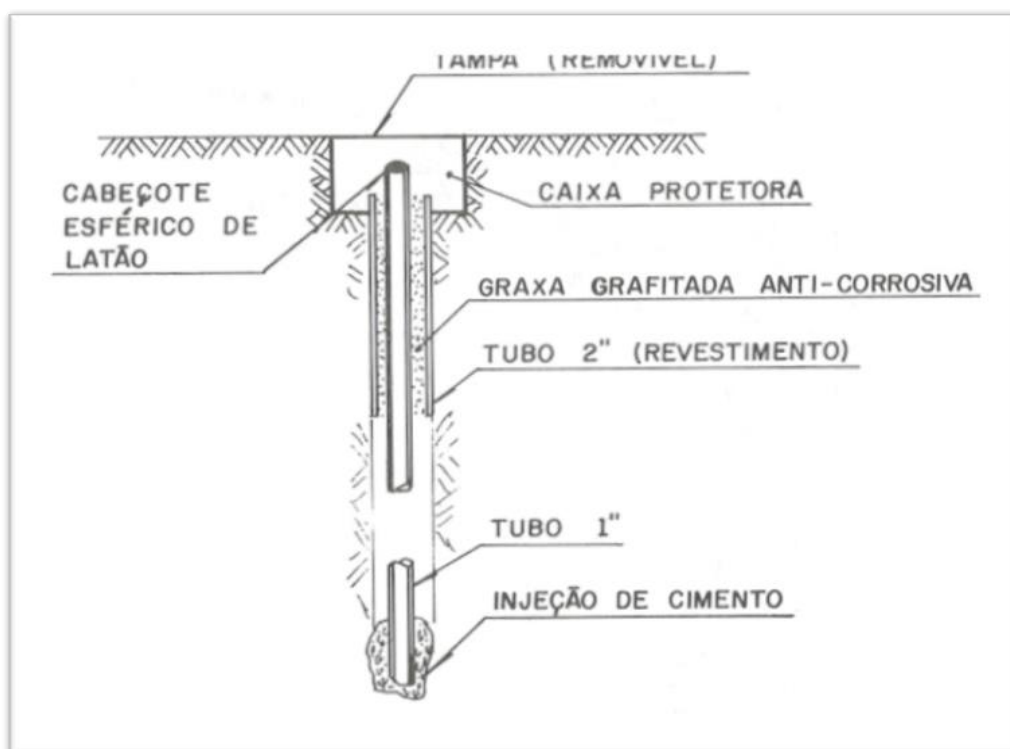
5.1 Referência de Nível

Uma importante parte da medição de recalque é a referência de nível, também denominada “*benchmark*”, que é instalada em um local no qual não sofre influência da própria construção, onde haja pouco movimento e que não atrapalhe a construção da edificação. Essa referência é de considerável importância para o monitoramento de recalque, visto que a mesma não está sujeita a deslocamentos.

O “*benchmark*” é formado por um tubo com diâmetro de uma polegada de ferro galvanizado revestido por outro tubo de duas polegadas com graxa grafitada entre eles a fim de diminuir o atrito e também para proteger contra a corrosão. Os tubos são colocados em um furo de sondagem à percussão com uma calda de cimento na profundidade na qual o solo é considerado impenetrável. No topo do tubo é conectado uma cabeça semi-esférica de latão para que a mira possa ser apoiada.

A figura 16 a seguir representa a instalação do *benchmark*. Ademais, é protegido por uma pequena alvenaria para que a referência possa estar sempre resguardada como pode-se ver a seguir na figura 17.

Figura 16 - Benchmark.



Fonte: Alonso (1991).

Figura 17 - Benchmark Executado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Nível Ótico

O nível ótico é o equipamento utilizado para que se possa obter com precisão de décimos de milímetros as leituras pretendidas. É composto por um tripé e uma luneta.

Para que se atinja a precisão pretendida, é indispensável que o nível contenha um micrômetro integrado. É necessário que este equipamento esteja sempre calibrado para que se possa evitar incertezas.

O equipamento utilizado nas medições dos recalques pode ser visualizado nas Figuras 18 e 19 a seguir.

Figura 18 - Nível Ótico utilizado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

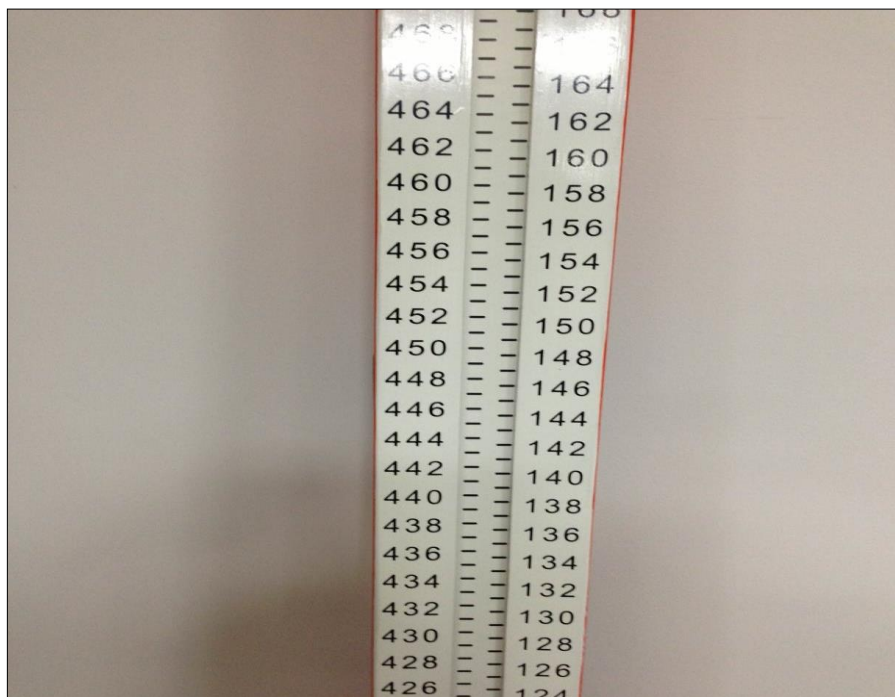
Figura 19 - Nível Ótico com tripé.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 Mira

A mira empregada é uma graduada em chapa de invar, para que se possa conter a dilatação térmica, o que pode acarretar em erro na medição. A mesma é utilizada na vertical durante a leitura assentada na extremidade do pino de recalque macho. A seguir na Figura 20 tem-se a mira utilizada para a leitura dos recalques.

Figura 20 - Mira.

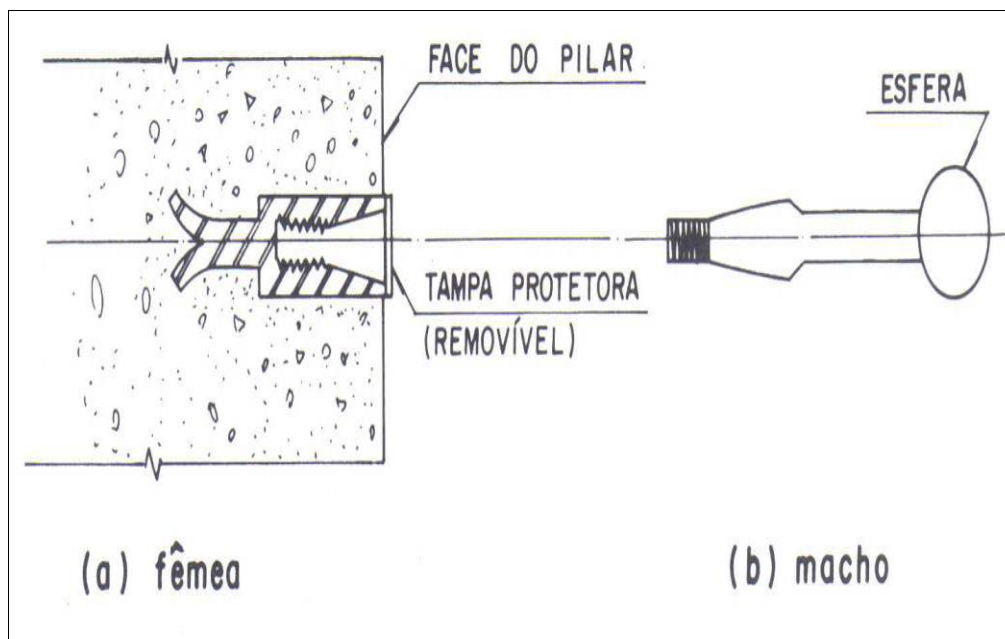
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Pinos de Recalque

Os pinos de recalque utilizados, para fins do presente trabalho são feitos de latão (liga metálica de cobre e zinco) e composto por um pino fêmeo e um pino macho. O pino macho, que é removível, tem em sua borda uma parte esférica na qual a mira se apoia, como pode ser visto na figura 21 a seguir.

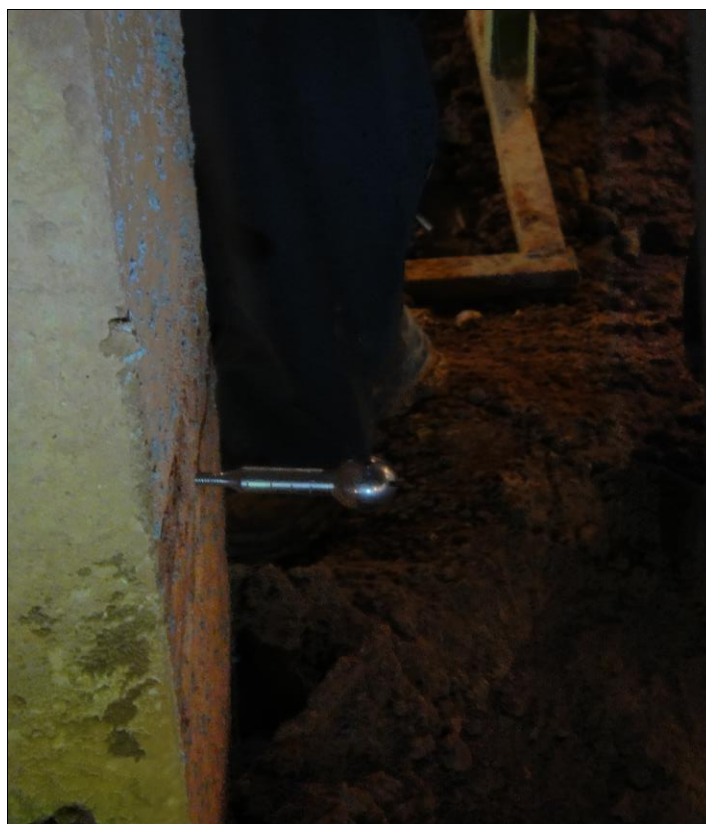
O pino fêmeo, com parte rosqueável, deve ser inserido e fixado nos pilares em uma altura mais perto de sua base. Dessa maneira, é necessário um pino fêmeo para cada um dos pilares instrumentados, mas somente um pino macho. A cada medição, o pino macho é rosqueado no fêmeo somente para se fazer a leitura e logo após removido, para que assim se evite danos que possam ser causados pela obra e comprometer as leituras seguintes. Na figura 22 pode ser visto o pino utilizado rosqueado no pino fêmeo pronto para receber a mira.

Figura 21 - Detalhe do pino de Recalque.



Fonte: Alonso (1991).

Figura 22 - Pino Macho de Recalque.



Fonte: Elaborado pelo autor.

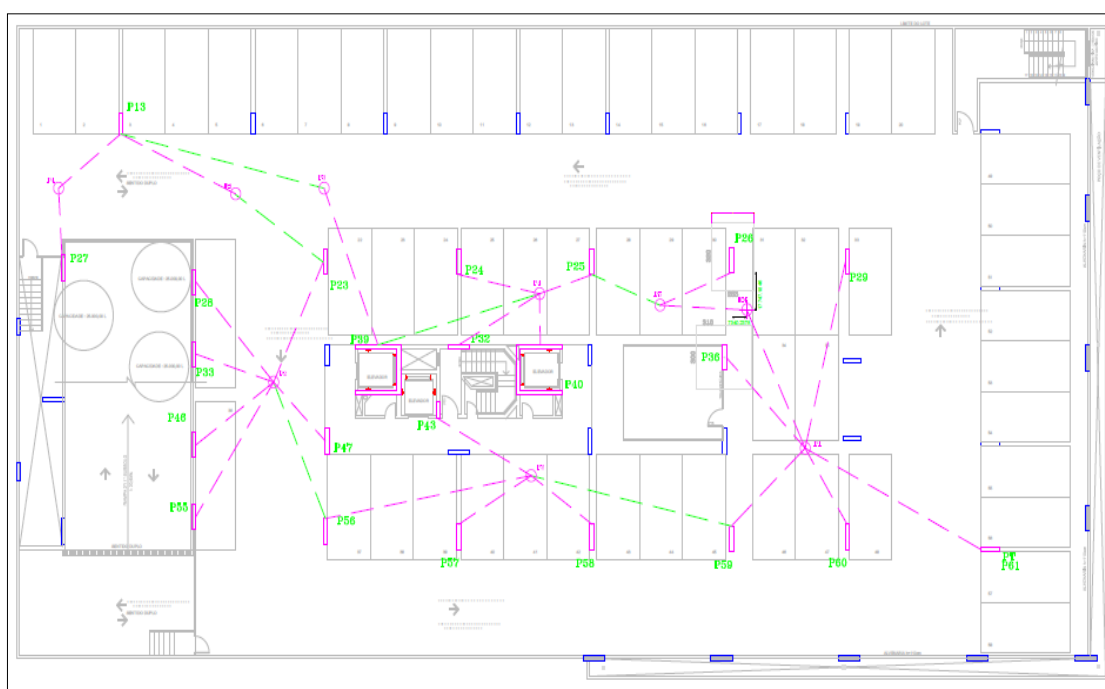
5.5 Instrumentação e Encaminhamento

O planejamento para a realização do controle de recalque é essencial para assegurar um monitoramento bem sucedido. É nessa etapa que deve-se definir o local da referência de nível fixa, assim como os pilares que serão observados e o posicionamento dos níveis. Tais definições servem para facilitar as medições que serão executadas e também para minimizar possíveis erros.

Durante a instrumentação é definido em quais pilares são instalados os pinos. A escolha dos pilares é de suma importância para que se consiga captar o comportamento da estrutura em sua totalidade, a fim de obter o maior número de dados, observando-se as cargas que cada pilar está sujeito. É importante ressaltar que a instrumentação deve ser específica para cada obra.

O encaminhamento apresenta a posição do *benchmark*, dos pilares instrumentados e do nível ótico durante todo o percurso necessário para a realização de cada medição. Nessa fase, com objetivo de facilitar as medições, é que se define o posicionamento dos pinos nos pilares. A seguir, na Figura 23 tem-se um modelo de encaminhamento.

Figura 23 - Modelo de Encaminhamento.



Fonte: BMS ENGENHARIA.

5.6 Alternativa de Metodologia

O número de pilares instrumentados em cada obra também é essencial para que este estudo mostre realmente o que está ocorrendo, visto que não adianta retratar diversas obras, se todas estiverem com poucos dados.

A NBR 6122/10 (ABNT) não define a quantidade de pilares a serem instrumentados. Alonso (1991) sugere que se tenha um pilar instrumentado para cada 30m². Uma outra maneira de se realizar o controle de recalque, é por meio do princípio de rodízio.

É evidente a necessidade de se instrumentar mais pilares do que o que foi feito, destaca-se que o ideal é que todos os pilares da projeção sejam instrumentados. Como o custo para a instrumentação de todos os pilares aumenta, geralmente o proprietário ou o responsável pela obra não costuma aceitar realizar a medição em todos.

Dessa forma, o rodízio pode ser uma maneira mais adequada e mais completa para o monitoramento de recalque. A empresa contratada para fazer o monitoramento de recalque de quarenta pinos com seis medições pode, por exemplo, fazer um rodízio de quarenta pilares nas medições ímpares e de outros quarenta nas medições pares. O único custo adicional para o proprietário será os quarenta pinos de recalque a mais utilizados. Neste caso, ter-se-á um quantitativo maior de recalques acumulados, de velocidades de recalque, e também de distorções angulares. Ao mesmo tempo tem-se menos medições para cada pilar instrumentado do que se feito da maneira tradicional. Destarte a opção pelo rodizio gera diversos benefícios, como por exemplo um monitoramento mais amplo da obra.

6 CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS ANALISADAS

As obras em estudo foram escolhidas de acordo com a qualidade e quantidade dos dados disponíveis de monitoramento de recalque realizados durante os anos de 2010, 2011, 2012 e 2013. É importante ressaltar que a análise dos dados obtidos com o monitoramento de recalque possibilita a obtenção do recalque acumulado, da velocidade de recalque, e da distorção angular, entre pilares, durante todas as medições realizadas, durante a construção da edificação.

Foram analisadas cinquenta e três projeções em diversas áreas do Distrito Federal: Águas Claras, Gama, Guará, Brasília e Taguatinga. As várias edificações examinadas têm características singulares e únicas, assim como toda e qualquer obra, sendo classificadas como de médio e grande porte, variando de 6 a 34 lajes. Vale ressaltar que, este trabalho não levou em conta o tipo de fundação executada, devido à complexidade e o grande número de edificações analisadas, sendo uma sugestão para trabalhos futuros.

Em Águas Claras foram analisadas 24 (vinte e quatro) edificações, no Gama 3 (três), no Guará 20 (vinte), em Brasília 4 (quatro), e em Taguatinga 2 (duas). Para que o nome e a localização destas edificações fossem preservados, todos foram numerados. As numerações de 1 (um) até 24 (vinte e quatro) são de obras localizados em Águas Claras, as de 25 (vinte e cinco) até 27 (vinte e sete) são do Gama, as de 28 (vinte e oito) a 47 (quarenta e sete) são do Guará, as de 48 (quarenta e oito) até 51 (cinquenta e um) são de Brasília, e a 52 (cinquenta e dois) e a 53 (cinquenta e três) de Taguatinga, totalizando cinquenta e três.

7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O intuito deste trabalho é comparar os dados obtidos de cada obra com parâmetros estabelecidos como limites e também com outras obras dentro da mesma cidade, e de outras cidades dentro do Distrito Federal.

A análise consistiu em verificar ao longo de todas as fases de cada construção estudada o maior e o menor recalque acumulado total e também a maior e menor velocidade de recalque. Também foi verificada a média do recalque total acumulado e a velocidade de recalque de cada um das edificações. As duas maiores distorções angulares de cada projeção também foram encontradas e analisadas.

Para conseguir obter os dados desejados, foram elaboradas algumas planilhas com o objetivo de facilitar o acesso. A Figura 24, representada a seguir, apresenta um resumo de cada construção. Nesta planilha tem-se: o número, a localização, a quantidade de lajes, recalque e velocidade máxima, recalque e velocidade mínima, recalque e velocidade média, as duas maiores distorções angulares, o número de medições realizadas entre outros. Vale destacar que o recalque acumulado máximo e a velocidade de recalque máxima para cada obra compreende todos os pilares que foram instrumentados para o monitoramento de recalque, assim como o recalque acumulado mínimo e a velocidade de recalque mínima. As distorções angulares analisadas são as obtidas na última medição, e a velocidade de recalque é o recalque acumulado dividido pelo período desde o nivelamento até a última medição. A Figura 24 foi também alimentada com as duas maiores distorções angulares entre todos os elementos do monitoramento de recalque de cada edificação. A distorção angular foi obtida através do recalque de todos os pilares instrumentados na última medição realizada, e de suas coordenadas e consequentemente a distância entre eles.

Figura 24 - Resumo Monitoramento de Recalque para cada Projeção.

Obras			Recalque			Velocidade de Recalque			Distorção Angular		Nivelamento		Última Medição		
Numeração	Localização	Nº de Lajes	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Max 1	Max 2	Data	Lajes	Data	Lajes	Nº de Medições
1	Águas Claras	-	6,54	2,34	4,92	111	40	83,33	-	-	04/07/2009	-	01/08/2009	-	5
2	Águas Claras	21	9,09	2,4	5,81033	27,46	7,25	17,55	1/1349	1/1629	08/08/2009	8	05/07/2010	21	3
3	Águas Claras	-	2,505	0,015	0,7183	10,53	0,06	3,0267	1/1361	1/2861	19/04/2012	-	13/12/2012	-	3
4	Águas Claras	34	7,11	3,15	4,748	17,72	7,86	11,839	1/1640	1/3460	23/12/2009	4	28/01/2011	34	4
5	Águas Claras	34	6,17	2,25	4,28	15,39	5,61	11,03	1/2295	1/2903	23/12/2009	9	28/01/2011	34	4
6	Águas Claras	27	5,875	0,45	3,352	14,65	1,12	7,75	1/822	1/1557	23/12/2009	9	28/01/2011	27	4
7	Águas Claras	18	3,01	0,71	1,8425	45,61	10,76	27,92	1/3497	1/3569	01/10/2010	18	06/12/2010	18	2
8	Águas Claras	18	5,41	3,665	4,43	82,05	55,53	67,12	1/3697	1/4071	01/10/2010	18	06/12/2010	18	2
9	Águas Claras	30	10,48	6,61	8,248	21,044	13,273	16,56	1/1898	1/2144	24/02/2011	9	06/07/2012	30	6
10	Águas Claras	-	0,64	0	0,296	1,73	0,19	0,8465	-	-	22/12/2009	-	27/12/2010	-	4
11	Águas Claras	21	5,61	1,24	3,505	22,53	5,582	14,83	-	-	06/06/2009	-	10/02/2010	21	3
12	Águas Claras	21	12,85	1,29	7,214	51,606	5,181	28,97	-	-	06/06/2009	-	10/02/2010	21	2
13	Águas Claras	22	0,66	0,06	0,456	5,36	0,44	3,673	1/4690	1/8711	28/07/2010	22	29/11/2010	22	2
14	Águas Claras	30	6,87	0	3,152	29,11	3,73	14,38	1/2345	1/4141	22/10/2010	3	15/06/2011	30	4
15	Águas Claras	30	6,28	0	3,64	26,61	2,75	16,73	1/1844	1/2267	22/10/2010	3	15/06/2011	30	4
16	Águas Claras	30	3,385	0,625	1,55	14,53	2,68	6,655	1/3806	1/7403	26/10/2010	3	16/06/2011	30	4
17	Águas Claras	30	6,62	0	3,46	28,41	4,85	15,99	1/2012	1/2125	26/10/2010	2	16/06/2011	30	4
18	Águas Claras	18	15,92	0	2,139	147,4	4,95	23	1/2204	1/2257	01/11/2011	8	17/02/2012	18	3
19	Águas Claras	22	4,055	1,745	3,38	8,08	3,48	6,7375	1/3351	1/4412	15/12/2011	3	30/04/2013	22	5
20	Águas Claras	22	8,48	6,365	7,11	17,1	12,83	14,34	1/2781	1/3832	12/01/2012	3	24/04/2013	22	5
21	Águas Claras	31	8,335	3,25	5,326	15,46	6,03	9,883	1/1020	1/2040	20/10/2011	15	11/04/2013	31	6
22	Águas Claras	31	9,97	0	5,019	17,72	6,248	10,155	1/1123	1/1375	20/10/2011	15	03/05/2013	31	6
23	Águas Claras	31	2,78	0,14	1,87	6,42	0,32	4,16	1/4763	1/7670	03/11/2011	6	09/01/2013	31	6
24	Águas Claras	19	3,24	0,5	1,419	18,2	1,83	7,68	1/2838	1/3815	15/06/2012	4	15/03/2013	19	4
25	Gama	18	3,095	0,075	1,2541	7,96	0,19	3,08	/3176	1/3231	05/11/2010	1	29/11/2011	16	2
26	Gama	18	2,474	0	1,103	3,46	1,041	2,25	1/3623	1/3783	26/05/2010	5	10/05/2012	18	4
27	Gama	18	2,189	0,054	1,359	3,057	0,075	1,899	1/2565	1/2620	26/05/2010	12	11/05/2012	18	4
28	Guará	23	4,405	2,435	3,663	24,2	13,38	20,12	1/270	1/406	26/01/2011	5	12/12/2012	23	12
29	Guará	21	2,875	0,89	1,72	9,069	2,82	5,43	1/1667	1/3256	26/01/2011	19	09/12/2012	21	3
30	Guará	22	4,905	2,2	3,93	14,86	6,67	11,91	1/2963	1/4557	20/07/2011	3	14/06/2012	22	3
31	Guará	24	37,195	0,07	18,6325	92,52	0,17	46,35	-	-	09/05/2011	22	14/06/2012	24	7
32	Guará	22	2,75	0	0,861	8,06	0,12	2,884	1/2093	1/3208	03/06/2011	15	09/05/2012	22	3
33	Guará	28	1,115	0,09	0,381	3,27	0,26	1,118	1/5663	1/7647	03/06/2011	18	09/05/2012	28	3
34	Guará	14	1,375	0	0,382	6,166	0,336	2,687	1/5327	1/8829	20/07/2011	14	28/02/2012	14	4
35	Guará	14	1,785	0,3	1,448	3,806	0,64	3,086	1/3091	1/4032	20/12/2011	10	02/04/2013	14	4
36	Guará	14	2,455	0,915	1,655	5,25	1,96	3,538	1/7113	1/8100	20/12/2011	13	01/04/2013	14	4
37	Guará	14	1,845	0	0,232	8,274	0,157	2,696	1/2406	1/4102	20/07/2011	14	28/02/2013	14	4
38	Guará	-	68,495	1,044	19,228	253,98	19,98	117,517	1/195	1/217	15/08/2012	5	07/05/2013	21	13
39	Guará	-	89,235	1,775	12,175	769,27	15,3	100,37	1/1202	1/1425	25/10/2012	3	18/03/2013	17	3
40	Guará	-	16,46	4,9	8,583	75,5	22,47	39,37	1/1113	1/1442	07/05/2012	3	11/12/2012	20	3
41	Guará	22	8,495	1,97	5,514	33,98	0	20,76	-	-	11/07/2009	-	18/03/2010	-	1
42	Guará	22	0,755	0,305	0,5133	2,295	0,927	1,56	1/985	1/1245	25/05/2011	-	18/04/2012	22	1
43	Guará	27	2,215	0,46	1,137	30,76	6,39	15,83	-	-	16/06/2010	-	27/08/2010	27	1
44	Guará	27	0,505	0,06	0,22	1,49	0,18	0,61	-	-	31/05/2011	10	04/05/2012	27	2
45	Guará	21	6,7	0,7	4,08	7,54	0,79	4,59	1/1204	1/2571	11/11/2009	3	18/04/2012	21	5
46	Guará	26	7,16	0	3,05	34,42	2,163	16,88	-	-	02/05/2009	-	26/11/2009	-	4
47	Guará	26	0,88	0	0,219	2,73	0,16	1,3	1/1182	1/1619	30/05/2011	-	16/04/2012	26	1
48	Brasília	20	1,78	0,18	0,575	7,12	0,34	2,99	1/2446	1/5189	21/03/2012	9	26/11/2012	20	5
49	Brasília	19	1,64	0,03	0,884	58,57	1,07	30,17	1/2372	1/4316	11/03/2013	4	08/04/2013	10	1
50	Brasília	6	0,945	0,16	0,545	36,35	6,15	20,96	-	-	08/11/2012	4	04/12/2012	6	1
51	Brasília	6	1,45	0,005	0,5777	60,42	0,21	24,04	1/4785	1/6572	13/11/2012	3	07/12/2012	4	1
52	Taguatinga	-	3,775	0,04	1	23,018	0,244	6,1	1/2421	1/4476	15/08/2009	-	26/01/2010	-	3
53	Taguatinga	-	7,42	0,69	4,318	36,195	3,366	21,066	1/1430	1/1594	04/07/2009	-	25/01/2010	-	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os limites estabelecidos pela bibliografia variam dependendo de alguns fatores, como tipo de solo (areia, argila ou silte), tipologia da fundação (se superficial ou profunda), entre outros. Por conta do alto número de edifícios analisados, foi estabelecido aqui como limite sempre o mais baixo.

Os recalques acumulados, as velocidades de recalque e as duas maiores distorções angulares de cada projeção analisada estão exibidos nos gráficos 1, 2 e 3.

Gráfico 1 - Recalques Gerais máximos, mínimos e médios de todas as obras analisadas.

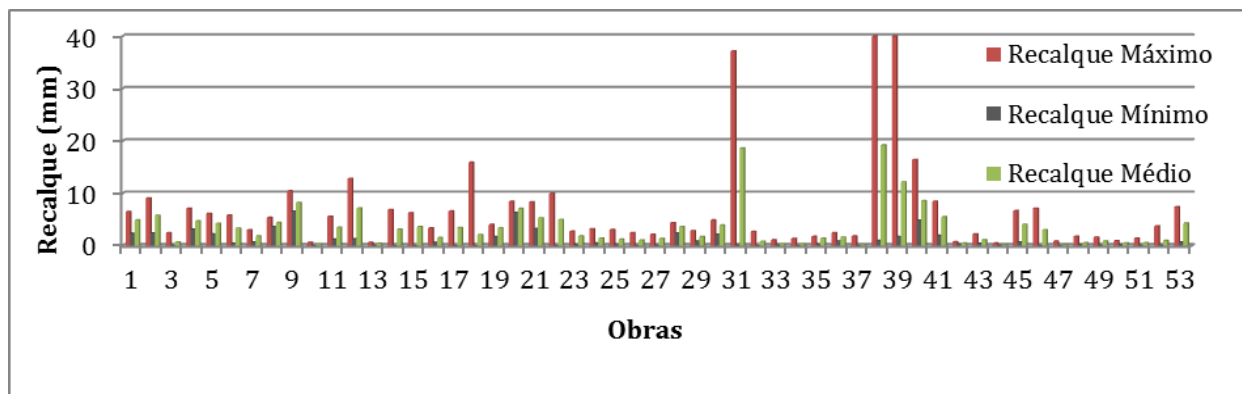


Gráfico 2 - Velocidades Gerais máxima, mínima, e média em todas as obras analisadas.

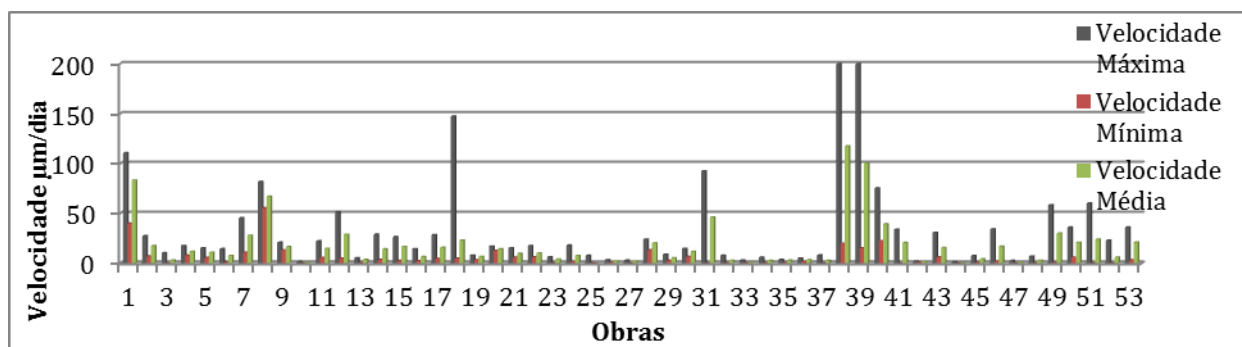
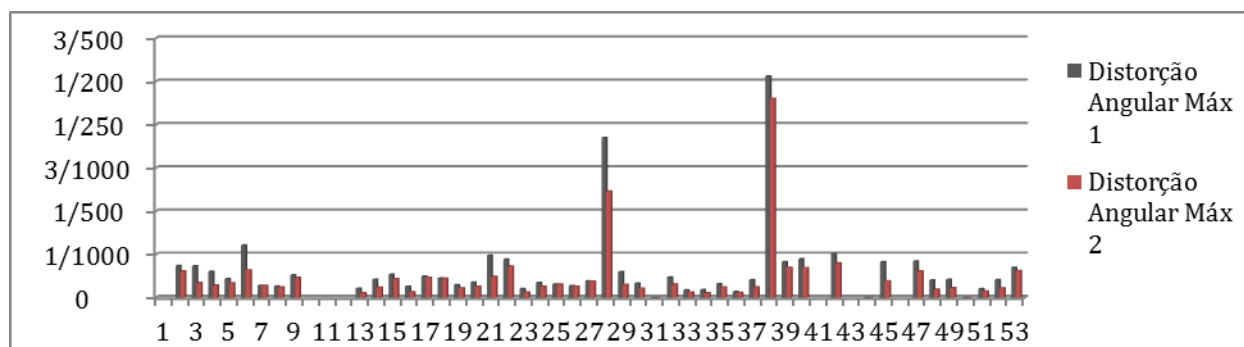


Gráfico 3 - Distorções Angulares Máximas.



Verifica-se que dentre todas as edificações analisadas dentro do Distrito Federal ocorre uma certa variação do recalque total acumulado e da velocidade de recalque encontrada, mas na maioria das amostras está ainda longe dos padrões estabelecidos como limites, exceto principalmente em obras específicas localizadas no Guará.

Também é possível averiguar que a velocidade de recalque está ligada ao recalque total acumulado, uma vez que frequentemente tem indicadores parecidos.

A seguir os dados obtidos serão analisados e comparados com dados dentro da mesma cidade.

7.1 Águas Claras

Os recalques acumulados e as velocidades de recalque obtidos em todas as obras de Águas Claras estão representados nos gráficos 4 e 5 abaixo, enquanto os maiores valores para distorção angular no gráfico 6.

Gráfico 4 - Recalques Gerais máximo, mínimo e médio em todas obras analisadas em Águas Claras.

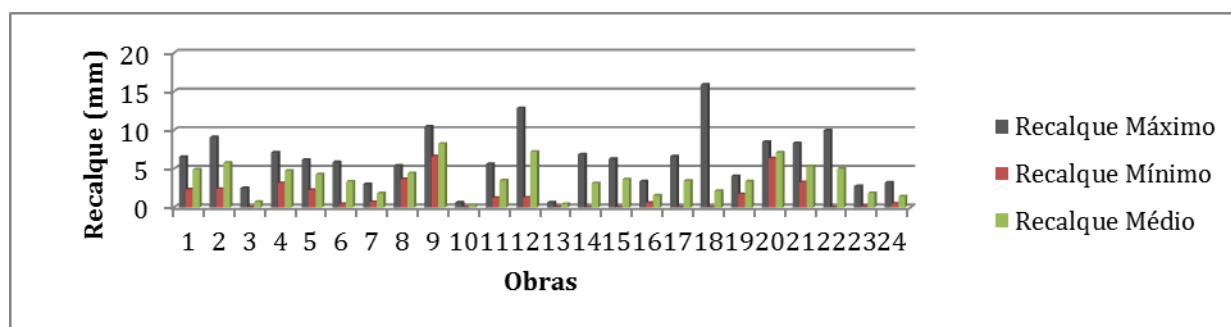
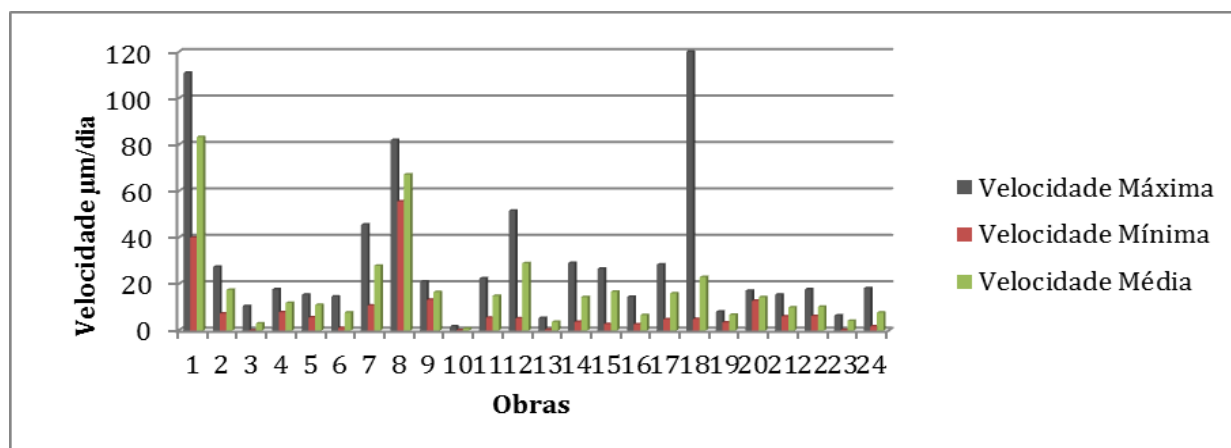


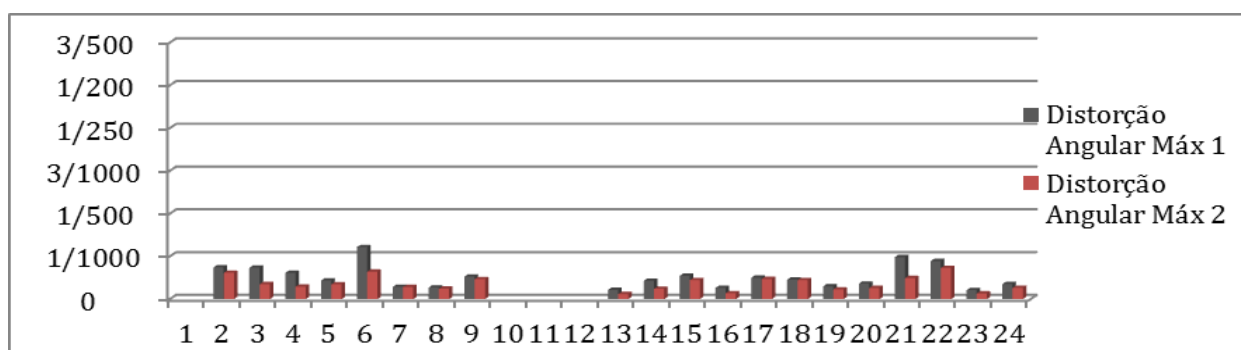
Gráfico 5 - Velocidades Gerais máxima, mínima, e média em todas as obras analisadas em Águas Claras.



Pode-se observar que o maior recalque total acumulado ocorreu na obra dezoito, onde foi de 15,92 mm. A mesma obteve a maior velocidade de recalque que foi de

147,4 $\mu\text{m}/\text{dia}$. No gráfico 6 pode-se observar as duas maiores distorções angulares obtidas em cada uma das obras de Águas Claras. É possível verificar que a maior distorção angular ocorreu na edificação número seis, sendo de 1/822, a única que ultrapassou 1/1000.

Gráfico 6 - Distorção Angular na cidade de Águas Claras.



No gráfico 7 e 8 a seguir pode-se reparar a disparidade entre o maior recalque acumulado e a maior velocidade de recalque em comparação com suas respectivas médias.

Gráfico 7 - Recalque máximo, mínimo e médio de Águas Claras.

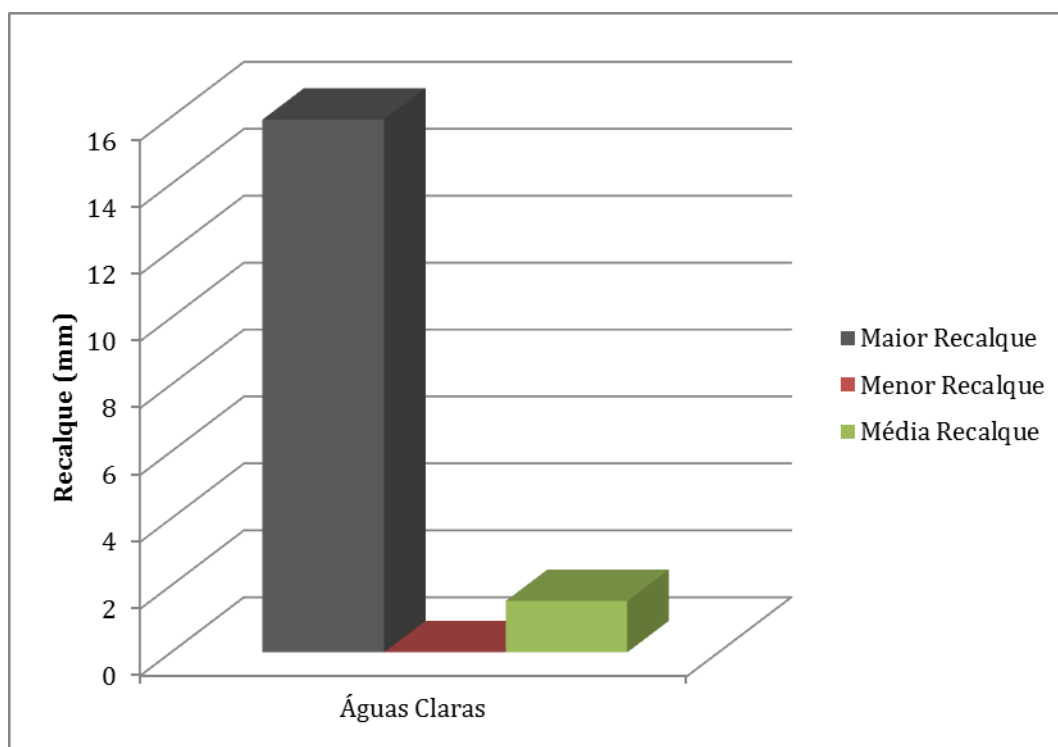
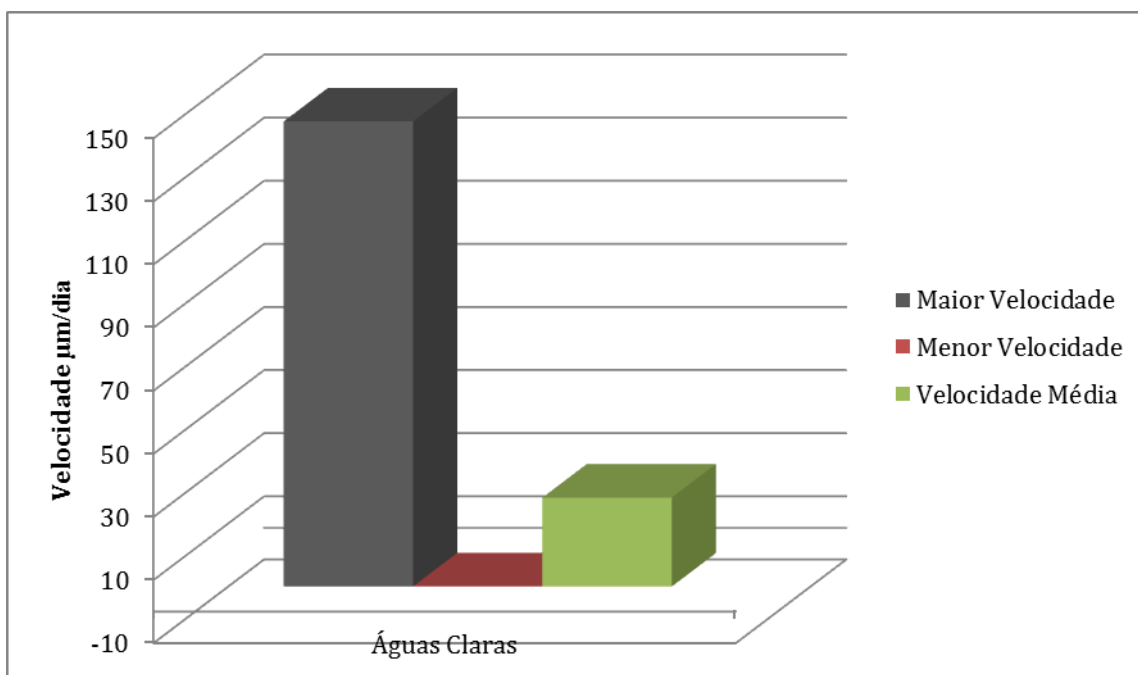


Gráfico 8 - Velocidade máxima, mínima, e média de Águas Claras.



7.2 Gama

Os recalques gerais obtidos na cidade do Gama podem ser analisados no gráfico 9, e as velocidades de recalque no gráfico 10 a seguir. O maior recalque acumulado foi de 3,095mm enquanto a maior velocidade de recalque foi de 7,96 µm/dia.

Gráfico 9 - Recalques Gerais máximo, mínimo e médio de todas obras analisadas na cidade do Gama.

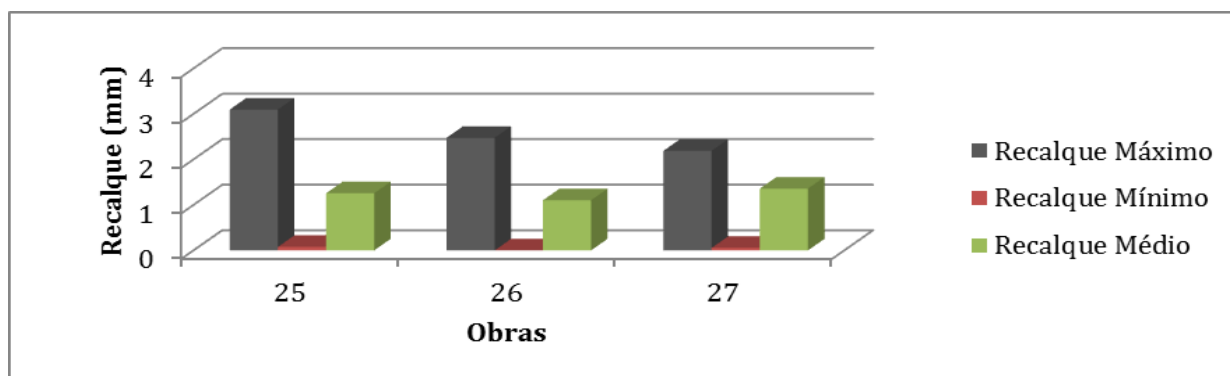
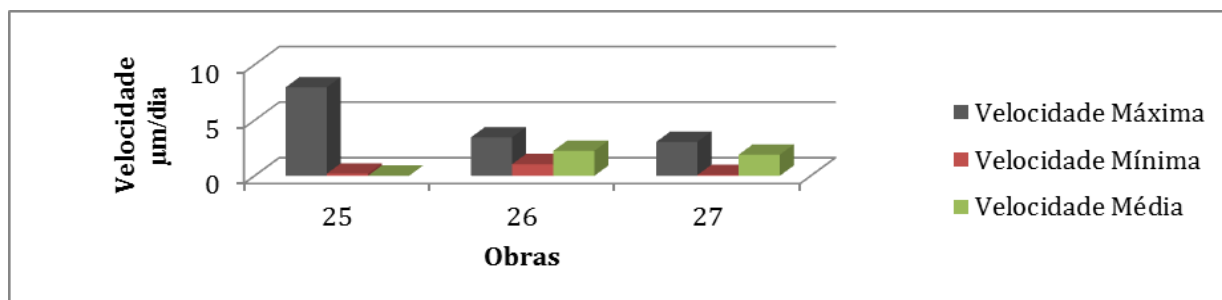
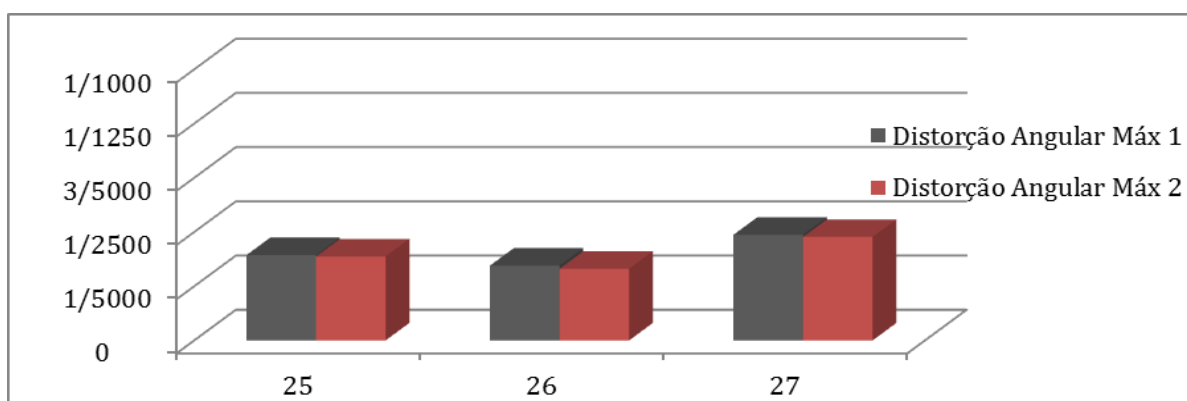


Gráfico 10 - Velocidades Gerais máxima, mínima e média de todas obras analisadas na cidade do Gama.



No gráfico 11, pode-se constatar que todas as maiores distorções das projeções estudadas no Gama estão longe dos limites padrões. A maior distorção angular ocorreu no 27 (vinte e sete) que foi de 1/2565.

Gráfico 11 - Distorção Angular na cidade do Gama.



Na cidade do Gama, apesar de terem sido estudados menos obras, é possível perceber que todos seguem uma tendência, tendo o 25 (vinte e cinco) obtido o maior recalque acumulado e também a maior velocidade de recalque. Mesmo com essa pequena diferença, pode-se observar nos gráficos 12 e 13 que mesmo a maior velocidade e o maior recalque total ainda estão longe dos limites padrões.

Gráfico 12 - Recalque máximo, mínimo e médio do Gama.

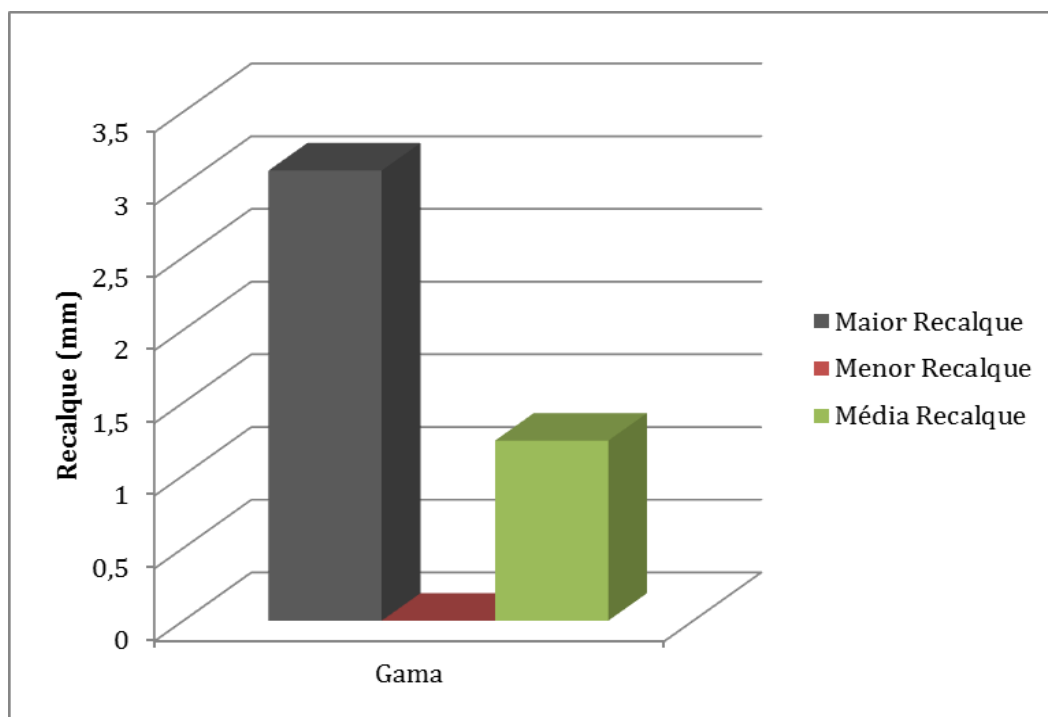
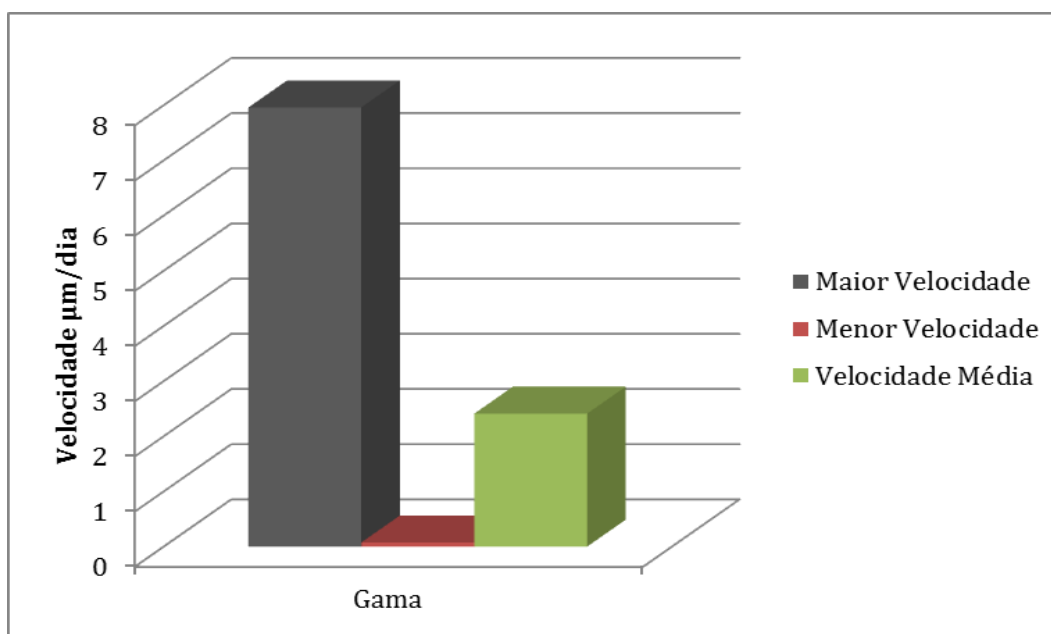


Gráfico 13 - Velocidade máxima, mínima e média de Gama.



7.3 Guará

No Guará, os recalques acumulados e as velocidades de recalque inclinam para um número muito baixo, exceto nas edificações 31 (trinta e um), 38 (trinta e oito) e 39 (trinta e nove) como pode-se analisar nos gráficos 14 e 15. É importante ressaltar que

essas edificações são próximas umas das outras, mas que algumas outras que tiveram números baixos também são. Isso nos permite evidenciar como o solo é heterogêneo, já que dentro de uma pequena localização obteve-se resultados tão distintos. Como dito anteriormente, o solo não é o único fator que pode influenciar na magnitude dos recalques. Outros fatores que podem interferir são a má execução da obra e o projeto mal elaborado dentre outros

Gráfico 14 - Recalques Gerais máximo, mínimo e médio de todas obras analisadas na cidade do Guará.

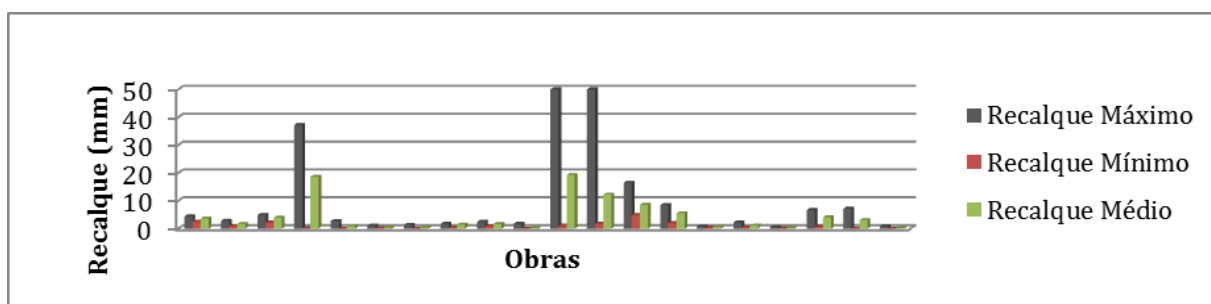
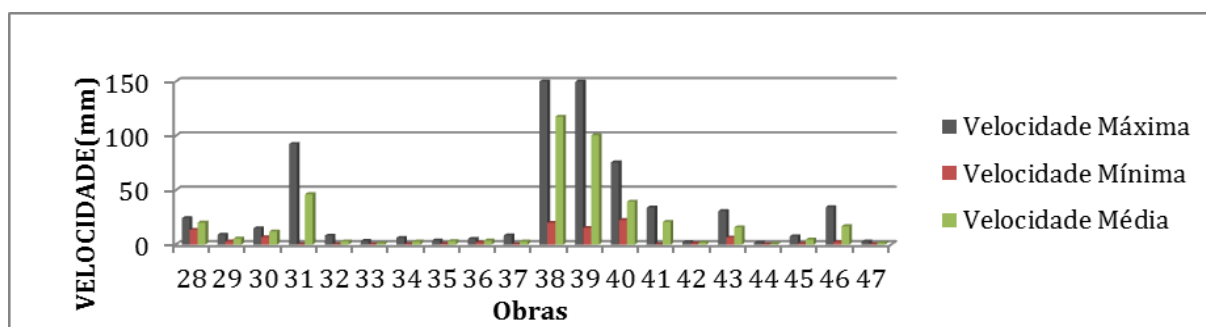


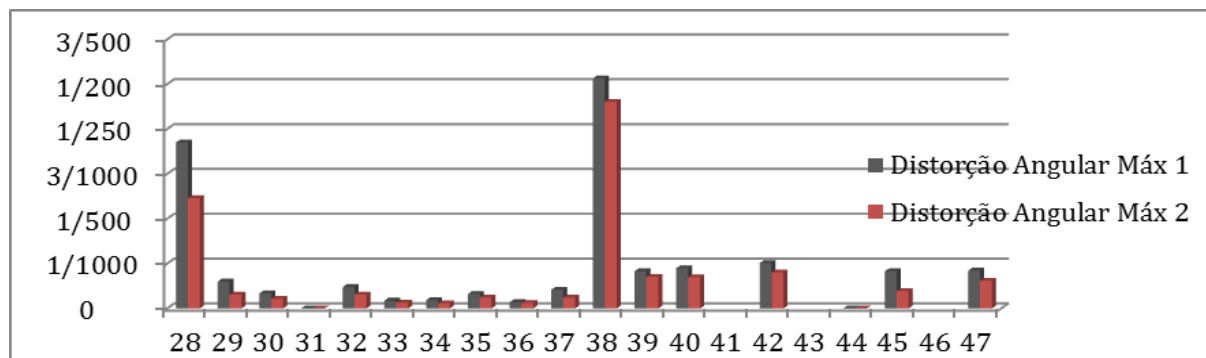
Gráfico 15 - Velocidades Gerais máxima, mínima e média de todas obras analisadas na cidade do Guará.



Os gráficos 14 e 15 comprovam que as edificações 38 (trinta e oito) e 39 (trinta e nove) estão distantes do padrão de todos os outros analisados. Vale evidenciar que a obra 31 (trinta e um) atingiu um recalque acumulado máximo de 37,195mm e uma velocidade de recalque máxima de 92,52 $\mu\text{m}/\text{dia}$, já a 38 (trinta e oito) 63,495mm e 253,98 $\mu\text{m}/\text{dia}$, enquanto a 39 (trinta e nove) 89,235mm e 796,27 $\mu\text{m}/\text{dia}$. Esses valores, acima dos limites referendados na bibliografia, levaram a intervenções pontuais ainda durante a construção. Foi necessário executar um trabalho de reforço para que esses números estabilizassem, o qual não é o foco do presente trabalho, mas é importante evidenciar que foram feitos com estaca raiz. No gráfico 16, observa-se que a edificação 38 (trinta e oito) atinge valores acima dos limites bibliográficas. Pode-

se chegar a conclusão que na edificação 39 ainda estava sendo executado o trabalho de reforço, enquanto nas obras 31 e 39 os reforços já foram finalizados e obteve-se respostas positivas da edificação.

Gráfico 16 - Distorção Angular na cidade do Guará.



Os gráficos 17 e 18 mostram o maior recalque acumulado e a maior velocidade de recalque, mas é importante lembrar que se tenha atenção nessas duas figuras já que as obras no qual foi executado um trabalho de reforço contribuem para esses valores tão divergentes. O recalque acumulado médio no Guará foi de 4,3819 mm e a velocidade de recalque média foi de 20,876 $\mu\text{m}/\text{dia}$. O monitoramento de recalque foi essencial nessas duas edificações, tendo em vista que se não tivesse sido realizado de forma preventiva as consequências negativas seriam muito maiores, evidenciando um dos objetivos do presente trabalho.

Gráfico 17- Recalque máximo, mínimo e médio do Guará.

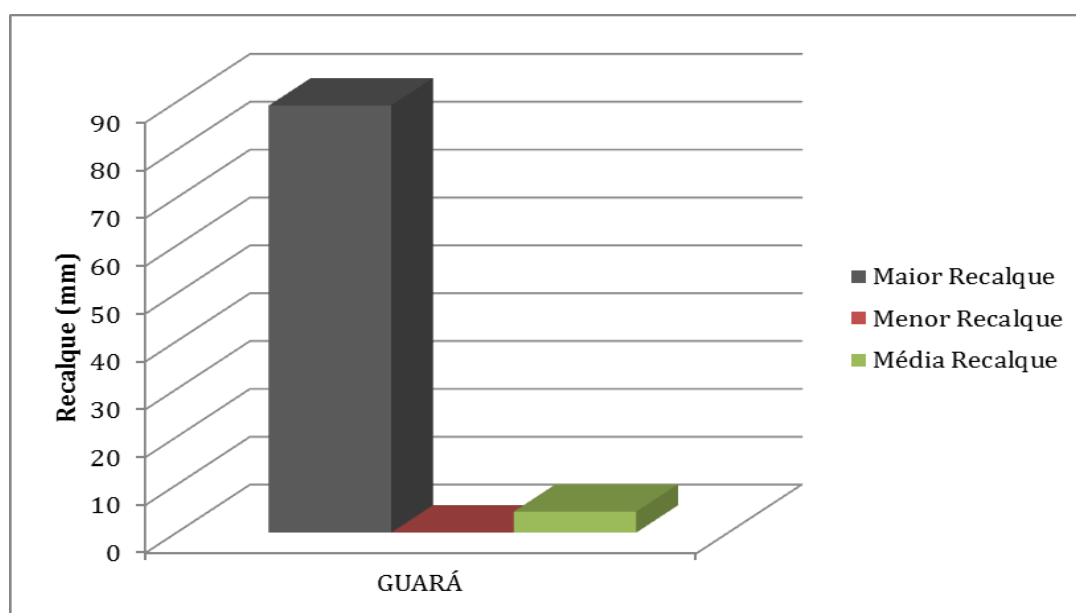
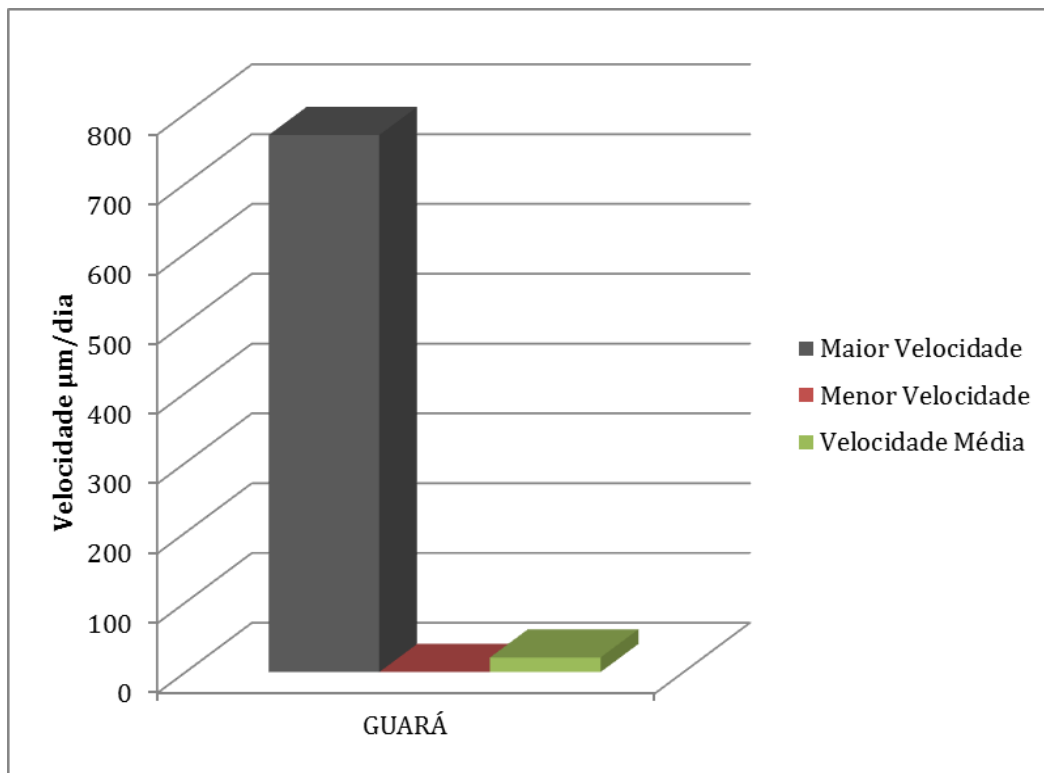


Gráfico 18 - Velocidade máxima, mínima e média de Guará.

7.4 Brasília

Na cidade de Brasília, foram analisadas quatro edificações, onde todas seguem uma mesma orientação no que diz sentido ao recalque total, como pode-se reparar no gráfico 19 a seguir. A velocidade de recalque medida pode ser vista no gráfico 20 e também segue a mesma tendência com dados parecidos entre as edificações, exceto o número quarenta e oito. Esta projeção alcançou a menor velocidade de recalque média de todos os pilares instrumentados das quatro obras, porém foi o que obteve a maior grandeza de recalque total acumulado, com 1,78 mm. Com isso deduz-se que o monitoramento de recalque foi medido somente uma vez, com um espaço de tempo muito grande. A maior velocidade registrada foi do caso cinquenta e um, com o valor de 60,42 $\mu\text{m}/\text{dia}$. Todos essas edificações contam com um resultado dentro dos limites bibliográficos estabelecidos como seguros.

Gráfico 19 - Recalques Gerais máximo, mínimo e médio de todas obras analisadas na cidade de Brasília.

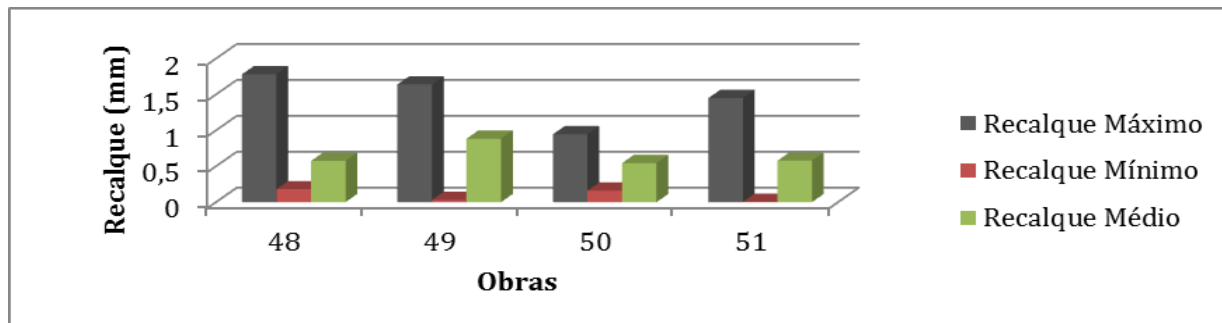
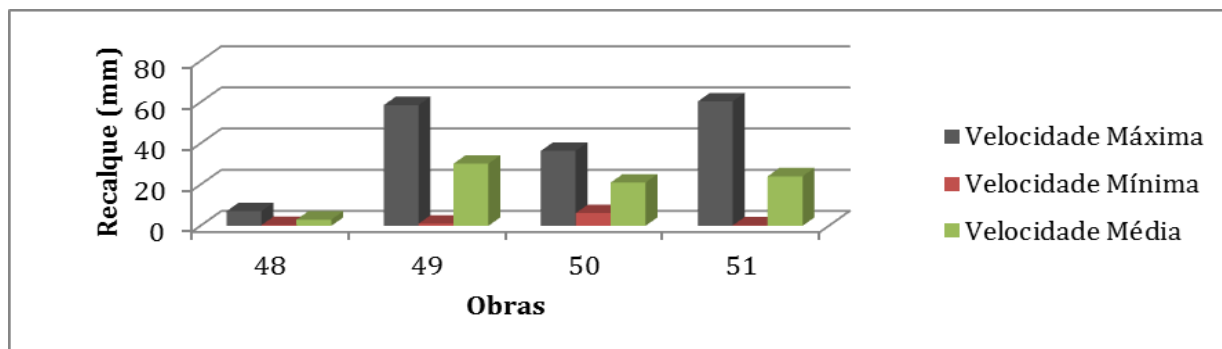
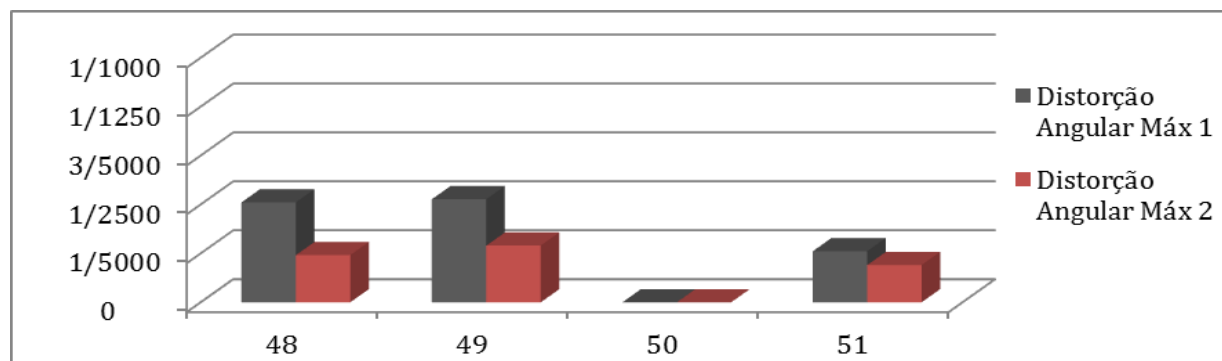


Gráfico 20 - Velocidades Gerais máxima, mínima e média de todas obras analisadas na cidade de Brasília.



No gráfico 21 pode-se observar as maiores distorções angulares estudadas, onde a maior foi de 1/2372. É importante evidenciar que no edifício 50 (cinquenta) não se obteve distorções angulares relevantes.

Gráfico 21 - Distorção Angular na cidade de Brasília.



Os gráficos 22 e 23 ilustram resultados dentro dos limites com um recalque total médio de 0,645mm e uma velocidade média de 19,54µm/dia.

Gráfico 22 - Recalque máximo, mínimo e médio de Brasília.

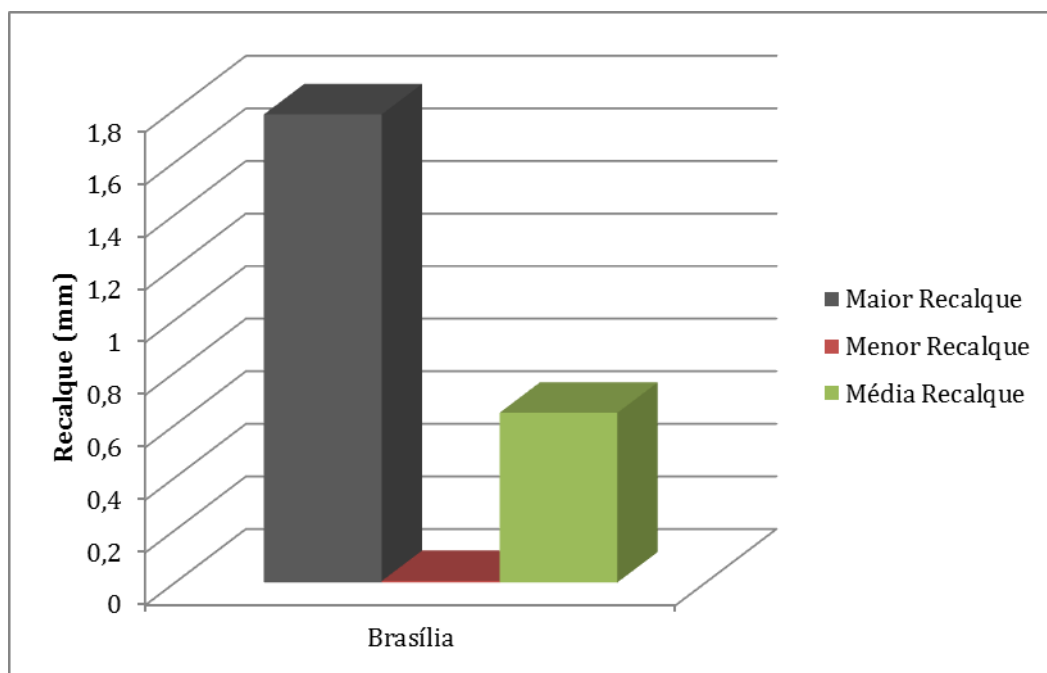
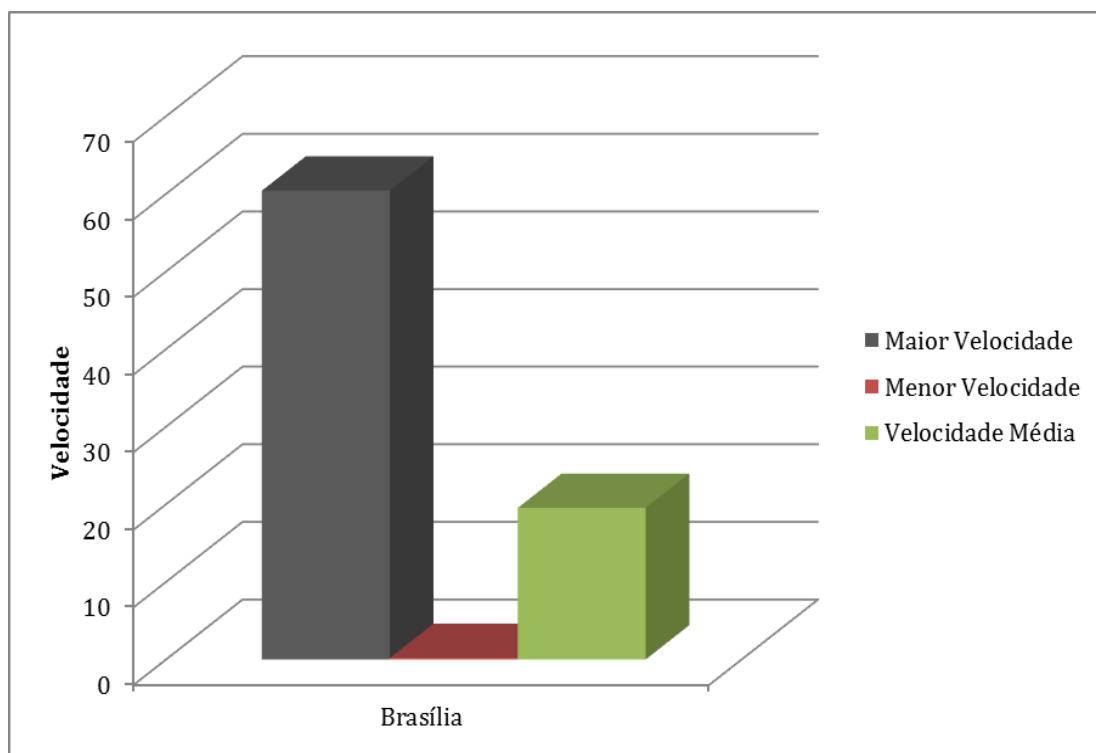


Gráfico 23- Velocidade máxima, mínima e média na cidade de Brasília.



7.5 Taguatinga

O gráfico 24 representa os recalques obtidos, enquanto o gráfico 25 as velocidades de recalque na cidade de Taguatinga. Pode-se destacar que os recalques foram compatíveis com as velocidades encontradas, e que ambas estão a uma certa distância dos limites.

Gráfico 24 - Recalques Gerais máximo, mínimo e médio de todas obras analisadas na cidade de Taguatinga.

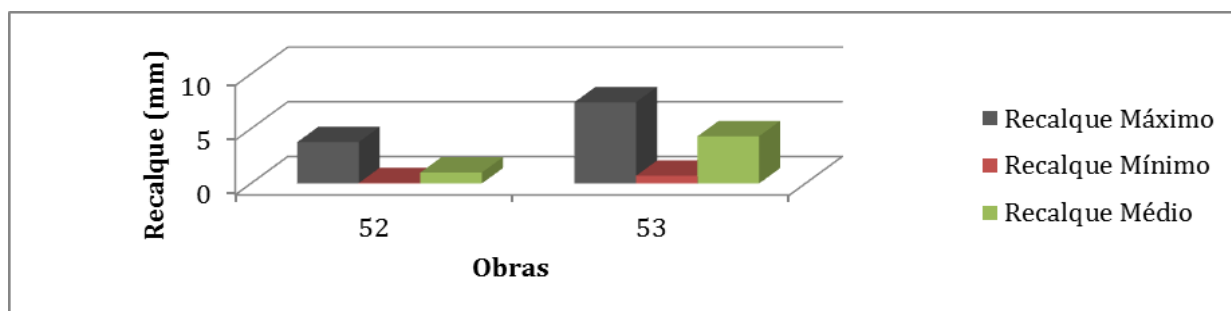
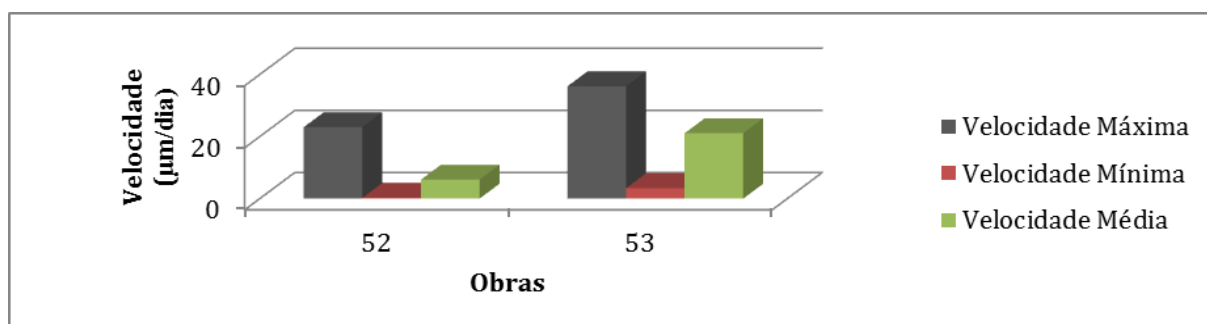
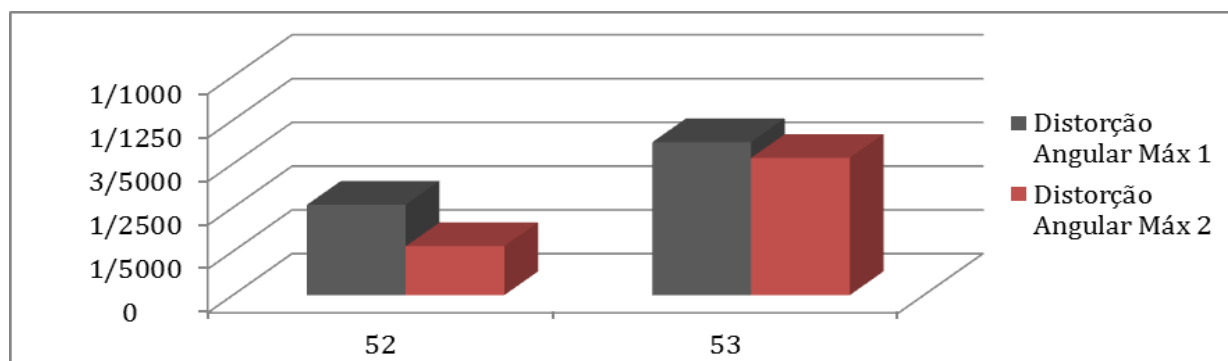


Gráfico 25 - Velocidades Gerais máxima, mínima e média de todas obras analisadas na cidade de Taguatinga.



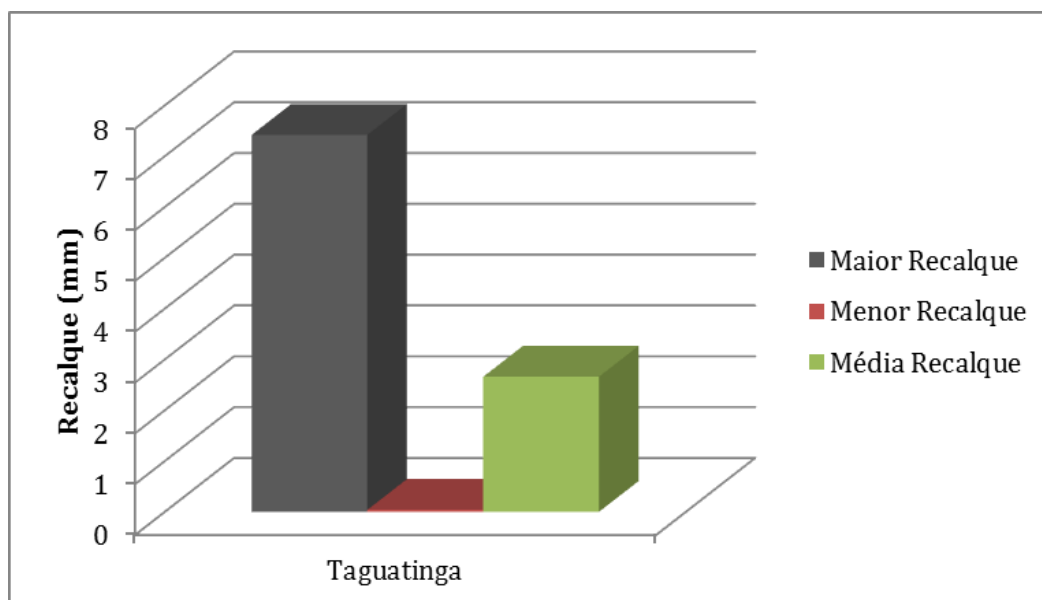
O gráfico 26 a seguir constata as duas maiores distorções angulares de cada uma das obras em Taguatinga. Pode-se verificar que este gráfico, segue a mesma tendência dos gráficos 24 e 25, onde a projeção 53 (cinquenta e três) aproxima-se mais dos limites bibliográficos estabelecidos. Apesar da divergência de valores entre as obras, todos os dados ainda estão dentro do limite considerado seguro, já que a maior distorção angular foi de 1/1430.

Gráfico 26 - Distorção Angular na cidade de Taguatinga.



Os gráficos 26 e 27 a seguir ilustram o maior recalque acumulado, que foi de 7,42mm, e a maior velocidade, 36,195 $\mu\text{m}/\text{dia}$, respectivamente. É importante destacar que as duas obras monitoradas são vizinhas, e mesmo assim tiveram uma diferença significativa nos seus resultados, evidenciando mais uma vez a dificuldade de prever recalque e reafirmando a importância do monitoramento de recalque.

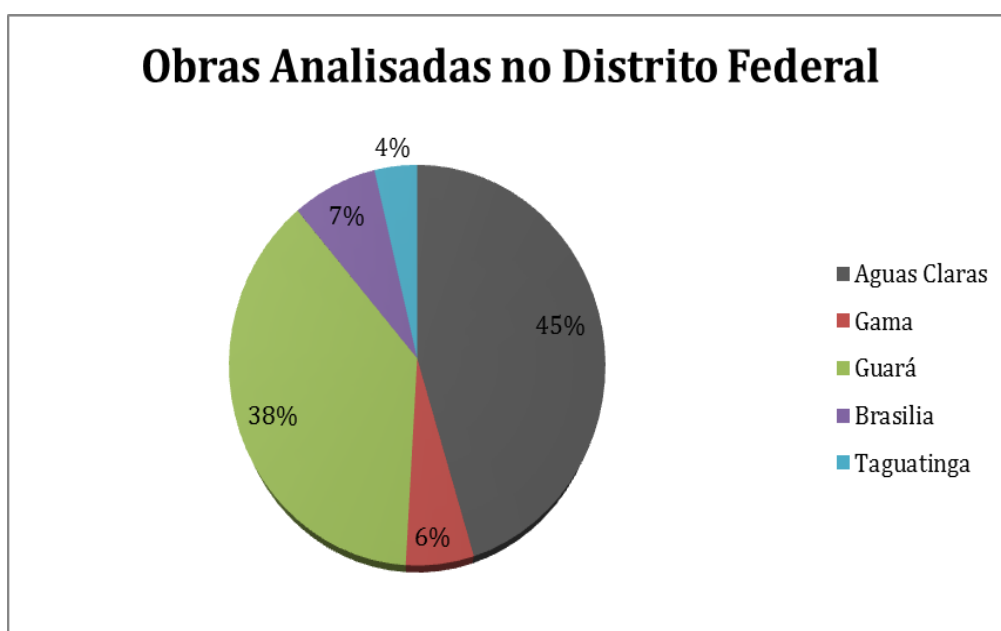
Gráfico 27 - Recalque máximo, mínimo e médio de Taguatinga.



7.6 Análise Geral

As edificações analisadas foram divididas em cidades, conforme visto anteriormente. O gráfico 28 a seguir revela dentro de todas as obras analisadas no Distrito Federal, a porcentagem de realização do monitoramento de recalque de cada cidade. A partir dessa figura, tem-se o conhecimento de que as projeções localizadas em Águas Claras são as que mais realizaram o monitoramento de recalque com 45% do total estudado, equivalente a vinte e quatro edificações. Em seguida, tem-se o Guará com 38%, equivalente a vinte obras monitoradas. Isso se justifica pelo crescente número de obras em construção nas referidas regiões.

Gráfico 28 - Porcentagem de Obras onde foram realizados Controle de Recalque.



A partir dos levantamentos apresentados, destaca-se que os maiores recalques acumulados, velocidades de recalque e distorções angulares foram observados nas edificações localizadas no Guará e em Águas Claras. A Tabela 3 apresenta os valores médios dos recalques acumulados e das velocidades de recalque de todas as edificações analisadas. Como pode-se observar os índices médios obtidos analisando todos as projeções são extremamente baixos, distantes dos limites bibliográficos.

Tabela 3 - Dados Gerais de Recalque e Velocidade de Recalque.

Dados Gerais	
Recalque Médio	2,09 mm
Velocidade de Recalque Média	16,91 $\mu\text{m}/\text{dia}$

O recalque médio e a velocidade média de cada cidade analisada estão apresentados nos mapas geográficos apresentados nas Figuras 25 e 26 a seguir, respectivamente.

No geral tem-se que o Guará obteve a maior média de recalque acumulado e a segunda maior velocidade entre todas as cidades. Isto se deve ao fato de cinco obras terem atingido altos índices dos respectivos parâmetros de análise. Já a cidade de Águas Claras atingiu a maior média de velocidade com 28,173 $\mu\text{m}/\text{dia}$, um número justificável, pois várias projeções colaboram para esse fato.

Figura 25- Mapa com recalque médio em cidades do Distrito Federal.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 - Mapa com velocidade de recalque média em cidades do Distrito Federal.



Fonte: Elaborado pelo autor.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante ressaltar que apesar do grande número de obras analisadas, esses resultados precisam ser julgados com bastante cuidado. Conforme visto anteriormente, o carregamento e a quantidade de lajes interferem nos recalques, e as construções analisadas estavam em fases distintas de carregamento durante as medições de recalque. Desta forma, os gráficos apresentados podem acabar distorcendo um pouco a realidade, uma vez que uma obra com pouco carregamento terá uma parcela de recalque total diferente de uma obra em um estágio mais avançado.

Além disso, em Brasília e em Taguatinga, foram analisadas poucas projeções, o que pode distorcer a magnitude dos recalques reais dessas regiões.

Em específico no Guará, destaca-se que pelo menos três edificações contribuíram com uma grande parcela para que os gráficos dessa região ficassem fora do padrão geral obtido nas demais regiões. Como as referidas projeções foram reforçadas durante a construção, analisar o desempenho global das fundações dentro do comportamento esperado no projeto fica prejudicado. Nestes casos se os carregamentos continuassem sem a intervenção do reforço, poderia-se observar valores ainda maiores. Ao mesmo tempo, é necessário apresentar esses dados para mostrar a importância do monitoramento de recalque feito desde o início da construção, e também para que se possa saber que de vinte obras analisadas no Guará, três sofreram reforços, aproximadamente 15%. Das cinquenta e três projeções onde foi realizado o monitoramento de recalque, aproximadamente em 5,66% foi necessário a execução de reforço. E para todos os casos foi identificado a necessidade da intervenção antes que surgissem problemas e evidências maiores, como trincas na estrutura, aberturas de juntas de dilatação, etc.

O número de medições realizadas em cada obra também pode influenciar no resultado final dos dados, por isso existe uma necessidade de que haja mais medições para que se possa conhecer o que acontece de fato na obra durante todas as etapas.

Destarte, para que esse estudo se torne mais completo, é fundamental que haja uma continuação para que tenha-se mais dados comparativos com obras já praticamente concluídas e que haja dados de outras cidades dentro do Distrito Federal, para permitir a comparação de resultados entre todas as cidades.

O estudo realizado é de extrema importância já que futuramente quando especialistas forem projetar as fundações, eles terão acesso a informações do desempenho das fundações do local do projeto ou de áreas relativamente próximas. Sendo assim, podem dimensionar com mais conhecimento e consequentemente de uma forma mais eficaz.

Importante lembrar, que em obras de pequeno porte, apesar de não ser obrigatório pela norma, também é importante que o monitoramento de recalque seja feito. Isto porque o recalque tem uma maior influência nos primeiros andares, podendo fazer com que prédios menores sofram com mais intensidade. O proprietário dessas obras geralmente prefere não arcar com os custos de um monitoramento de recalque preventivo. Se esse for o caso, é indicado que os responsáveis fiquem atentos ao aparecimento de fissuras, e a evolução ao longo do tempo de sua magnitude.

Por fim, este trabalho traz uma contribuição geral sobre a importância do monitoramento de recalque para análise de desempenho de edificações, a partir da conscientização de projetistas, executores, engenheiros e empresários sobre a importância da realização do mesmo com forma preventiva de ocorrência de manifestações patológicas, durante a vida útil das edificações. Espera-se que este trabalho sirva como referência na região Centro-Oeste.

9 SUGESTÃO PARA PESQUISAS FUTURAS

O trabalho efetuado pode servir de direção para futuras monografias que possam adicionar dados importantes para que a verificação dos resultados seja mais precisa. A seguir algumas sugestões para trabalhos futuros.

- Implementar neste estudo projeções de outras áreas do Distrito Federal, para que assim possa enriquecer a comparação e também o tratamento estatístico dos dados.
- Continuar alimentando o estudo com novas obras.
- Fazer um mapeamento comparativo do recalque acumulado total, da velocidade de recalque e da distorção angular de regiões de cada cidade.
- Fazer um estudo comparativo do monitoramento de recalque efetuado com outros estados e cidades.
- Fazer análise do impacto que o carregamento gera nos recalques, utilizando as obras desse estudo.
- Incorporar ao estudo outras maneiras de avaliar parcialmente o desempenho das fundações, como por exemplo a prova de carga para que assim seja possível avaliar a redistribuição dos esforços simultaneamente aos recalques.
- Dividir o estudo pelo tipo de fundações para um maior conhecimento da distância dos limites seguros de todos os parâmetros encontrados.
- Mostrar a influência do sistema estrutural nas edificações analisadas.
- Elaborar um estudo comparativo do perfil geotécnico da região com os valores de recalques obtidos.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Projeto e execução de fundações: NBR-6122. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro: 2010.

ALONSO, U.R. **Previsão e controle das fundações.** 2. ed. São Paulo: Bluncher, 2011.

ALONSO, U.R. **Previsão e controle das fundações.** São Paulo: Bluncher, 1991.

ARAGÃO, L. M. **Plano de Monitoramento de Recalque de Fundações do Bloco Ateliê do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará.** 2011. 47 f. Monografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

BAHIA, G. A. D.; OLIVEIRA, R. A. P. A. L.; MOTA, N. M. B. Análise do desempenho de fundações em empreendimento localizado no Distrito Federal. In: **3º Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica na Região Centro-Oeste GEOCENTRO**, Cuiabá – MT, p. 144 – 150, 2013.

BELL F. G. **Engineering Geology and Construction.** New York: Spon Press, 2004.

BERBERIAN, D. **Engenharia de Fundações.** 34. ed. Brasília: UnB, 2011.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações:** mecânica das rochas, fundações, obras da terra. 6. ed. rev. reimp. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2012. 2 v.

CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado:** fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 2 ed. rev. Brasília: Universidade de Brasília: Finatec, 2008.

COLARES, G. M. **Programa para análise da interação solo-estrutura no projeto de edifícios.** Dissertação Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 86p, 2006.

FANG. H. Y. **Foundation engineering handbook.** 2. ed.. Norwell, Massachusetts. Kluwer Academic Publishers, 2002.

GETTY IMAGES. **AFINAL, por que a Torre de Pisa é torta?**. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/educacao/vocesabia/interna/0,,OI2112500-EI8401,00.html>>. Acesso em: mar. 2013.

GONÇALVES, J. C. Avaliação da influência dos recalques das fundações na variação de carga dos pilares de um edifício. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 126p, 2004.

GUSMÃO, J. F. **Desempenho de obras geotécnicas**. Recife: Universitária da UFPE, 2006.

GUSMÃO, J.F. **Fundações**: do conhecimento geológico à pratica da engenharia. Recife: Universitária da UFPE, 1998.

HACHICH, W. et al. **Fundações**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

IWAMOTO, R. K. **Alguns aspectos dos efeitos da interação solo-estrutura em edifícios de múltiplos andares com fundação profunda**. 2000. 140 f. Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2000.

LOPES, F. R.; VELLOSO, D. A. **Fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 1 v.

LOPES, F. R.; VELLOSO, D. A. **Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 2 v.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. São Paulo. Oficina de Textos, 2008.

MOTA, M. M. C. **Interação solo-estrutura em edifícios com fundação profunda**: método numérico e resultados observados no campo. Doutorado, Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 221p, 2009.

MOURA, A. R. L. U. **Interação solo-estrutura em edifícios**. Mestrado, Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 195p, 1995.

NETO, L. R. Interpretação de deformação e recalque na fase de montagem da estrutura de concreto com fundação em estaca cravada. Dissertação Doutorado, Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 279p, 2005.

OLIVEIRA JR, R. F. (2010). **Desempenho de um edifício de múltiplos andares com ênfase nos efeitos da Interação solo-estrutura**. Mestrado, Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, 159p, 2010.

PITTA, F. **Galeria de Felipe Pitta**. Disponível em:
<www.flickr.com/photos/felipepitta/3195713795/>. Acesso em: 10 mar. 2013

REBELLO, Y. C. P. **Fundações**: guia prático de projeto, execução e dimensionamento. 3. ed. São Paulo: Zigue, 2011.

REIS, J. H. C. **Interação solo-estrutura de grupos de edifícios com fundações superficiais em argila mole**. 2000. 155 f. Dissertação Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2000.

SCHNAID, F.; ODEBRECHT, E. **Ensaio de Campo: e suas aplicações à engenharia de fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SERIQUE, E.; ALMEIDA, F. **Análise do desempenho das fundações durante a construção do instituto de biologia da Universidade de Brasília**. 2008. 156 f. Bacharel, Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 2008.

SOARES, J. M. **Estudo numérico-experimental da interação solo-estrutura em dois edifícios do distrito federal**. 2004. 265 f. Doutorado, Geotecnia, Universidade de Brasília, 2004.

SOARES, W. C. **Análise de Recalques de Edifícios em Solos Melhorados com Estacas de Compactação**. 2005. 131 f. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2005.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. Editora Pini, São Paulo, 194p, 1989.

VITORETI, M. M. **Análise da interação solo-estrutura em fundações de concreto armado pelo método dos elementos finitos**. 2003. 146 f. Dissertação, Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.